REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

TOME PREMIER

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52, RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

1889

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

MISSOURI
BOTANICAL
GARDEN.

2335-88. — Corbeil, imprimerie Crété.

17°°
QK1
.R44
1889
v.1

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME PREMIER

MISSOURI
BOTANICAL
GARDEN.

PARIS

LIBRAIRIE PAUL KLINCKSIECK

15, RUE DE SÈVRES, 15

1889

NOTE
SUR L'ECTOCARPUS (PYLAIELLA) FULVESCENS THURET

Par M. Ed. BORNET

(Planche 1).

Parmi les Algues récoltées au Maroc par Schousboe se trouve une Ectocarpée dont les sporanges uniloculaires sont tout à fait semblables à ceux de l'*Ectocarpus littoralis*, mais qui diffère beaucoup de cette espèce par son mode de végétation et par tout son aspect. Schousboe la nommait *Conferva fulvescens*. A cette dénomination G. Thuret substitua le nom d'*Ectocarpus fulvescens* sous lequel la plante a été distribuée dans les *Algæ Schousboeanæ* (n[os] 109 et 110). Ce nom doit être encore une fois changé si l'on adopte les nouveaux genres établis par M. Kjellman aux dépens de l'ancien genre *Ectocarpus*. On sait en effet que cet auteur a partagé les *Ectocarpus* en trois groupes d'après la disposition des sporanges uniloculaires, qui sont partiellement immergés dans la fronde (*Isthmoplea*), tout à fait externes (*Ectocarpus*) ou intercalés en série dans la longueur du filament (*Pylaiella*). C'est à ce dernier genre qu'appartient l'*Ectocarpus fulvescens*.

Le *Pylaiella fulvescens* n'est pas particulier au Maroc. Nous l'avons rencontré en abondance, M. Thuret et moi, sur plusieurs points de la côte de Biarritz, pendant l'été de 1870. Nous ne l'avons pas décrit alors parce que nous n'avions pas trouvé d'autre fructification que les sporanges uniloculaires et que nous avions

l'espoir, qui ne s'est pas réalisé, de compléter notre observation avant de la publier. En appelant aujourd'hui l'attention des algologues sur une plante qui ne semble pas devoir être rare sur le littoral atlantique de l'Europe méridionale, car les conditions où elle croît se rencontrent communément, nous avons surtout pour but de hâter le moment où les lacunes qui subsistent dans son histoire pourront être comblées.

Le *Pylaiella fulvescens* forme des gazons étendus ou des mèches éparses d'un brun grisâtre, qui tapissent le fond des petites flaques peu profondes des rochers, près de la limite supérieure de la marée. Nous l'avons pris à la pointe Saint-Martin au-dessous du phare, sur les rochers plats du parc aux huîtres où il était particulièrement abondant, et enfin au Port-Vieux. Les touffes sont hautes de 1,5 à 3 centimètres. Elles sont composées de filaments dressés, simples ou peu rameux, implantés sur des filaments rampants, fixés à la roche par des crampons ramifiés en forme de griffe. Les filaments basilaires sont assez irréguliers, tortueux, et souvent garnis de courts ramules. Les filaments dressés portent quelquefois de deux à quatre longs rameaux qui atteignent le niveau du filament principal, auquel ils ressemblent complètement de grosseur et d'aspect. Les uns et les autres se terminent par une cellule obtuse; nous ne les avons pas vus prolongés en poil.

L'épaisseur des filaments varie entre 30 et 40 μ. Les articles inférieurs sont une fois et demie à deux fois plus longs que le diamètre; vers le milieu du filament ils se raccourcissent beaucoup et deviennent jusqu'à moitié plus courts que le diamètre. Puis ils s'allongent de nouveau en même temps que la largeur du filament diminue, et ils atteignent souvent une longueur quatre ou cinq fois plus grande que le diamètre de celui-ci.

Les filaments sont remarquables par la disposition étoilée du contenu cellulaire qui rappelle complètement (sauf la couleur) l'aspect des *Zygnema*. Dans les cellules courtes il n'y a qu'une étoile; on en voit deux dans les cellules allongées.

Les sporanges se développent vers la moitié ou le tiers supérieur des filaments, de sorte qu'ils forment, lorsqu'on examine à

la loupe une touffe fructifiée de la plante, une zone brune bien marquée. Les articles sporangiaux sont au nombre d'une douzaine environ; ils sont plus gros que les articles végétatifs (66 μ). Assez souvent quelques-uns des articles moyens de la série sont partagés en deux parallèlement à l'axe du filament. Ce caractère, qu'on rencontre rarement dans le *Pylaiella littoralis* des côtes d'Europe, est au contraire fréquent dans une forme de la côte atlantique des États-Unis d'Amérique, que M. Farlow regarde comme une simple variété du type (1).

Les zoospores sortent par des ouvertures latérales légèrement saillantes. Elles sont très grosses, plus grosses même que celles du *Cutleria multifida* les plus grosses que je connaisse parmi les Phéosporées. Leur épaisseur est de 13 à 17 μ et leur longueur de 30 à 35 μ (2). Elles sont ovoïdes-allongées ou presque cylindriques et se terminent en avant par un rostre inéquilatéral brièvement conique. Le corps est coloré en jaune brun à l'exception du rostre qui est incolore. Sur le long côté de celui-ci, tout près de l'extrémité, se trouve un point rougeâtre très petit sur lequel les cils sont insérés. Ils sont encore plus rapprochés de la pointe que chez le *Cutleria multifida* et semblent presque terminaux. Ces cils sont inégaux; le plus long, dirigé en avant, ne dépasse pas la longueur de la zoospore.

En raison de la dimension des zoospores et de leur ressemblance avec celles du *Cutleria multifida*, nous avons supposé que le *Pylaiella fulvescens* produisait peut-être aussi des anthéridies; mais nous n'avons pas réussi à les découvrir il y a dix-huit ans. En tout cas la germination des zoospores peut avoir lieu sans copulation préalable, car il n'était pas bien rare de rencontrer de vieux sporanges dont les zoospores n'avaient pu sortir et qui étaient hérissés de jeunes plantes, comme on le voit souvent chez les *Ulothrix*.

Le port de la plante, son mode de végétation, la dimension de ses zoospores, me paraissent s'opposer à l'addition pure et sim-

(1) Voyez Farlow : *Marine Algæ of New-England*, p. 73, 1881.

(2) Celles du *Cutleria* mesurent seulement 12 à 15 sur 21 à 30 μ. Dans le *Pylaiella ittoralis* elles n'ont que 4 à 6 μ sur 10 à 12.

ple de l'*Ectocarpus fulvescens* aux espèces ordinaires du genre *Pylaiella*. Afin de marquer la distinction, je proposerai d'établir dans le genre *Pylaiella* deux sous-genres dont l'un, que je nommerai *Bachelotia* (1), comprendra le *Pylaiella fulvescens*, le *Pylaiella nana* Kjellman (2), si les articles gonflés qui se développent en chaîne au sommet des filaments sont bien des sporanges uniloculaires, et vraisemblablement aussi une troisième espèce dont il sera question tout à l'heure.

Je vais résumer sous la forme habituelle les caractères qui viennent d'être exposés.

Gen. PYLAIELLA (Bory) Kjellman.

Sub-gen. Bachelotia. Cæspitosa ; fila primaria repentia, secundaria verticalia subsimplicia.

1. *Pylaiella fulvescens.*

Syn. *Conferva fulvescens*. Schousboe mscr. cum descriptione et icon. ined. in herb. Thuret!

Ectocarpus fulvescens Thuret, in *Algæ Schousboeanæ*, nos 109 et 110!

Thallo cæspitoso; filis primariis radicantibus vage et intricatim ramosis, secundariis verticalibus 1,5 ad 3 centim. altis, 30 ad 40 μ crassis, simplicibus vel parce ramosis, ramis sparsis conformibus erectis; articulis superioribus et inferioribus diametro longioribus, mediis illo æqualibus vel brevioribus; massa protoplasmica stelliformi, chromatophoris rotundis ; sporangiis unilocularibus subduodenis seriatis haud raro transverse geminatis; plurilocularibus ignotis; zoosporis magnis.

Hab. ad Agla regionis tingitanæ supra saxa marina in arena accumulata crescentem mense decembris 1828 reperiit Schous-

(1) L'un des noms de la Pylaie.
(2) *The Algæ of the Arctic Sea*, p. 284 (*Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, Bandet 20, n° 5, 1883-85).

boe!; in scrobiculis rupium ad limitem superiorem fluxus circa Biarritz ubi fructiferam legimus mensibus junii ad augustum.

2. *Pylaiella* sp.

Syn. *Ectocarpus Hooperi* Crouan in Mazé, *Hydrophytes de la Guyane française*, p. 25; Guadeloupe, 1868 (an Harvey?).

Il est difficile de dire si l'*Ectocarpus Hooperi* cité par M. Mazé est réellement l'espèce décrite par Harvey (1), attendu que cette espèce est à peu près inconnue, ayant été établie sur un seul échantillon stérile. Mais qu'il soit ou non correctement nommé, cet *Ectocarpus* est un *Pylaiella* appartenant, selon toute vraisemblance, au sous-genre *Bachelotia*. Les trois exemplaires que j'ai sous les yeux sont composés de filaments gazonnants presque simples, entrelacés et flexueux à la base où ils sont chargés de courts ramules sortant à angle droit et qui donnent à cette portion du thalle une remarquable ressemblance avec les *Rhizoclonium*. Les filaments sont longs de 2 à 3 centimètres et épais de 27 à 40 μ. Suivant la région où on les examine, les articles sont plus courts que le diamètre ou 2 à 3 fois plus longs. C'est dans la région moyenne que se trouvent les articles courts et que se développent les sporanges uniloculaires. Ceux-ci ont environ 60 μ d'épaisseur et sont fréquemment géminés. On en compte parfois jusqu'à 30 à la file.

Ne sachant pas si cette plante n'est pas déjà décrite, je me bornerai à la signaler sans lui attribuer un nom spécifique.

L'Algue dont il est question a été récoltée à l'île de Cayenne, au camp Meret, en mai 1865 et dans l'anse Montabo, en octobre 1886. Dans la première localité elle adhérait au rocher dans une dépression où la mer séjournait après le retrait de la marée; dans la seconde elle croissait sur des fragments de roches envasées toujours immergées, dans un ruisseau d'eau douce où remontait la marée (Schramm et Mazé, n^{os} 89 et 150 in herb. Crouan, nunc Thuret).

(1) *Nereis Boreali-Americana*. Vol. I, p. 144, tab. XII, fig. E.

3. *Pylaiella nana* Kjellman.

The Algæ of the arctic Sea, p. 284, tab. XXVII, fig. 13-17.

Cette petite espèce, haute d'environ 1 millimètre, a été découverte par M. Kjellman sur des *Cladophora*, à Gjeswær en Finmark. M. Kjellman, dans la description d'ailleurs si complète qu'il donne de cette plante, laisse planer quelques doutes sur la nature réelle des articles gonflés, riches en contenu, qui ressemblent aux sporanges uniloculaires des *Pylaiella*. Son hésitation provient de ce qu'il n'a pas observé leur contenu divisé en zoospores. Grâce à une préparation que je dois à son obligeance, j'ai pu m'assurer que ses scrupules ne sont pas fondés. Dans une file de six articles que j'ai sous les yeux, les zoospores sont nettement formées. Elles ont la dimension de celles du *Pylaiella littoralis* au même état de division.

Explication de la Planche 1.

Fig. 1. — Portion d'une touffe de *Pylaiella fulvescens*. Un des filaments dressés porte les sporanges uniloculaires intercalaires caractéristiques du genre. (Grossissement de 27 diamètres.)

Fig. 2. — Sporanges uniloculaires. Un des articles est divisé en deux sporanges collatéraux. Vers la partie inférieure de la file, un des sporanges présente deux saillies au sommet desquelles se formera l'ouverture par laquelle s'échappent les zoospores. (Grossissement de 250 diamètres.)

Fig. 3. — Zoospores de diverses formes. Les cils sont insérés plus près de la pointe du rostre qu'ils ne le sont ordinairement chez les Phéosporées. (Grossissement de 330 diamètres.)

DÉVELOPPEMENT ET CONSTITUTION

DES ANTHÉROZOÏDES

Par M. Léon GUIGNARD

En poursuivant l'étude des phénomènes intimes de la fécondation, j'ai été conduit à examiner de près la formation et la constitution des éléments sexuels, dont la connaissance me paraissait insuffisante. L'anthérozoïde des Cryptogames, en particulier, a été l'objet de recherches nombreuses, mais dont les résultats ne concordent pas sur plusieurs points essentiels. Parmi ces derniers, le plus intéressant consiste à savoir exactement quel rôle est dévolu au noyau d'une part, au protoplasme d'autre part, dans la formation de l'anthérozoïde.

Profitant d'un séjour au bord de la mer en compagnie de M. Bornet, qui a bien voulu faciliter mes recherches algologiques, j'ai pu étudier, dans les meilleures conditions possibles, l'organe mâle des Fucacées et des Floridées. J'ai complété mes documents sur les Characées, les Muscinées et les Cryptogames vasculaires, qui présentent, avec les Algues précédentes, une grande différence au point de vue du développement et des caractères morphologiques de l'anthérozoïde. C'est aussi sur ces derniers groupes que portent les principales divergences d'opinions. Pour cette raison surtout, j'exposerai d'abord les résultats que m'a fournis leur étude, espérant qu'ils permettront de faire la lumière sur les questions douteuses ou controversées.

Il serait superflu de rappeler toutes les opinions qui ont été émises sur le développement et la constitution des anthérozoïdes ; cependant, tout en renvoyant l'exposé spécial de telle ou telle manière de voir à la place qui lui convient dans l'étude de chaque groupe, il est nécessaire, pour préciser l'état actuel de la question, de mentionner les principales phases qu'elle a présentées successivement.

Les anthérozoïdes des Algues, dont il faut excepter, au point de vue qui nous occupe, le groupe des Characées, ont un mode de formation et une structure qui les distinguent nettement de ceux des Cryptogames plus élevées : ce sont des cellules nues, ciliées ou non, mobiles ou immobiles, bien caractérisées en tout cas au point de vue morphologique. Chez les Fucacées et les Floridées, depuis les travaux de Thuret et de M. Bornet, ils n'ont pour ainsi dire plus attiré l'attention. On verra plus loin quels sont les points qui méritaient d'être examinés de plus près.

Par contre, depuis qu'on connaît le rôle important du noyau dans la fécondation et qu'on a pénétré plus avant dans l'étude de la cellule, on s'est efforcé de savoir comment l'anthérozoïde des Archégoniées prend naissance dans sa cellule mère.

Hofmeister (1) est le premier qui ait fourni des indications quelque peu précises sur son développement, qu'il décrit comme il suit chez les Fougères : « Dans chacune des petites cellules mères de l'anthéridie, il apparaît, à l'intérieur d'une vésicule lenticulaire ou arrondie (qui représente vraisemblablement le noyau primitif de la cellule mère), un filament aplati, enroulé de façon à former quelques tours de spire. » Il en serait de même chez les Hépatiques et l'*Isoetes*. Hofmeister n'a pas pu voir l'origine des cils, et, pour lui, la vésicule, que beaucoup d'anthérozoïdes possèdent à la partie postérieure du corps, ne serait autre chose que la cellule mère elle-même qui vient de les former.

Plus tard, Schacht (2) attribue également au noyau un rôle

(1) Hofmeister : *Vergleichende Untersuchungen*, p. 35 et 79, 1851 ; *Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen*, 1852.

(2) Schacht : *Die Spermatozoïden im Pflanzenreiche*, 1864.

important. S'il n'a pas suivi le développement chez les Muscinées, les Fougères et les Équisétacées dont il figure les anthérozoïdes plus ou moins voisins de l'état adulte, il en donne pour le *Nitella syncarpa* une description qui renferme, comme on le verra dans la suite, une grande part de vérité : « Le noyau offre d'abord, dit-il, sur un côté, un épaississement qui le contourne de façon à former un tour de spire... A partir de ce moment le noyau est devenu invisible. Le premier tour de spire du jeune anthérozoïde s'accroît et s'élargit de façon à occuper un plus grand espace que le noyau primitif. » En se fondant sur l'observation du *Pellia epiphylla* (1), Schacht croit que les cils proviennent du noyau; chez les Characées, les Fougères et les Équisétacées, il a seulement pu constater leur formation avant la mise en liberté de l'anthérozoïde. Quant à la vésicule, il la considère comme une hernie, un renflement recouvert par la membrane du corps à sa face interne. Thuret, qui donne des renseignements très précis sur divers points concernant les anthérozoïdes adultes (2), avait émis une opinion analogue. M. Roze (3) a étudié également cette vésicule, mais surtout au point de vue de son rôle.

La conclusion essentielle de Schacht, touchant la métamorphose directe du noyau en anthérozoïde, fut ensuite repoussée par divers auteurs, et l'on admit que la formation de l'anthérozoïde est précédée de la dissolution du noyau, dont la substance se mélange au protoplasme de la cellule mère.

En 1880, M. Schmitz (4) revient à l'opinion de Schacht, mais conçoit d'une tout autre façon la métamorphose du noyau : « Dans la formation des anthérozoïdes des Characées et des Archégoniées, Strasburger a admis à tort la disparition du noyau de la cellule mère. J'ai trouvé chez les Characées et les Muscinées, dont j'ai étudié plusieurs espèces, que cette dissolu-

(1) *Anatomie und Physiologie der Gewächse*, t. II, p. 246.

(2) Thuret : *Sur les Anthéridies des Cryptogames* (Ann. des sc. nat., Bot., 3e série, t. XVI, 1851).

(3) Roze : *Anthérozoïdes des Cryptogames* (Ann. des sc. nat., Bot., 5e série, t. VII et Bull. de la Soc. bot. de France, 1865, 1872).

(4) Schmitz : *Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur-und Heilkunde zu Bonn*, 1880.

tion n'a pas lieu ; le noyau, au contraire, donne par métamorphose directe le corps de l'anthérozoïde. Pour cela, il s'épaissit à la périphérie et se découpe en une bande annulaire et spiralée, pendant qu'il forme au centre une vésicule incolore. L'extrémité antérieure seule, qui porte les cils, provient (tout au moins sûrement chez les Characées) du protoplasme qui l'entoure, tandis que la plus grande partie de l'anthérozoïde dérive du noyau. — Le développement est le même chez les Mousses et les Characées : ici encore, c'est le noyau qui donne par différenciation directe le corps de l'anthérozoïde. »

M. Zacharias, qui s'est occupé à diverses reprises du sujet, surtout au point de vue de la composition chimique des éléments reproducteurs, se range, au fond, à la manière de voir de M. Schmitz. Il en diffère pourtant à certains égards : ainsi, dans son premier travail (1), il admet que les cils, l'enveloppe du corps spiralé de l'anthérozoïde, ainsi que la vésicule postérieure, proviennent du protoplasme, tandis que la partie centrale de la bande spiralée dérive du noyau. Plus récemment (2), il confirme ses résultats antérieurs fondés sur des réactions chimiques, tout en faisant remarquer qu'il n'a pas suivi le mode de transformation du noyau, à partir de l'état de repos, en bande spiralée. Il ne se prononce pas, d'ailleurs, sur la nature de l'extrémité antérieure du corps, que M. Schmitz regarde comme formée par le protoplasme.

Avant le dernier travail de M. Zacharias, M. Gœbel avait observé, dans deux espèces de *Chara* (3), des faits assez différents de ceux que M. Schmitz avait décrits chez ces mêmes plantes et chez d'autres Cryptogames. Contentons-nous de remarquer, pour le moment, que suivant M. Gœbel, c'est bien réellement le noyau qui donne le corps de l'anthérozoïde ; mais, au lieu de se condenser à la périphérie et de se découper en spirale, il forme une sorte d'excroissance qui s'allonge en une bande

(1) E. Zacharias : *Ueber die Spermatozoïden* (Bot. Zeit., 1881).
(2) *Ueber den Nucleolus* (Bot. Zei t., 1885) ; *Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der Sexualzellen* (Bot. Zeit,, 1885).
(3) *Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane* (Schenk, Handbuch der Botanik, . 420 188

spiralée. La vésicule proviendrait, comme le pensait M. Schmitz, du noyau lui-même et non du protoplasme, comme l'admettait M. Zacharias. L'auteur a vu les cils formés de très bonne heure aux dépens du protoplasme, mais il ne peut fournir aucune indication précise sur leur mode de développement. Au total, l'opinion de M. Gœbel se rapproche surtout de celle de Schacht.

M. Berthold (1) n'admet pas non plus que le noyau se découpe en bande spiralée. D'autre part, il pense que la vésicule n'est pas autre chose que le suc cellulaire revêtu d'une couche membraneuse; quant aux cils, il suppose, contrairement à M. Gœbel, qu'ils n'apparaissent que peu de temps avant la mise en liberté de l'anthérozoïde.

Dans un travail sur les anthéridies de quelques Lycopodiacées (2), M. Belajeff a constaté que chez l'*Isoetes*, toute la nucléine du noyau est employée à la formation du filament qui constitue le corps de l'anthérozoïde; la partie du noyau qui ne concourt pas à cette formation donnerait un appendice particulier et en outre deux corpuscules spongieux, qui se détachent lors de la sortie de l'anthérozoïde et dont la nature reste douteuse. Les cils dériveraient du protoplasme de la cellule mère.

Plus récemment, M. Douglas H. Campbell (3) a cherché aussi à voir les modifications offertes par le noyau pendant la formation de l'anthérozoïde, principalement chez les Fougères. Le noyau offrirait d'abord, sur un côté, une dépression qui s'agrandit de plus en plus et lui communique bientôt la forme d'une large bande ployée en gouttière, dont les extrémités s'allongent pour former le corps. Les descriptions et les figures de l'auteur laissent d'ailleurs beaucoup à désirer.

Presque en même temps, M. Buchtien (4) publiait, sur le prothalle de l'*Equisetum Telmateja*, un mémoire où il figure, outre les anthérozoïdes de cette plante, ceux du *Pellia epiphylla*

(1) Berthold : *Studien über Protoplasmamechanik*, p. 306, 1886.

(2) Belajeff : *Antheridien und Spermatozoen der heterosporen Lycopodiaceen* (Bot. Zeit., 1885).

(3) Douglas H. Campbell : *Zur Entwicklungsgeschichte der Spermatozoïden* (Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft, 1887).

(4) Buchtien : *Entwicklungsgeschichte des Prothallium von Equisetum* (Bibliotheca botanica, 1887).

et de diverses Filicinées. Les changements de forme du noyau y sont assez bien représentés; mais les descriptions manquent pour la plupart des cas et plusieurs points intéressants n'ont pas été envisagés par cet observateur.

Les dernières publications de M. Roze (1) et de M. Douglas H. Campbell (2) ne traitant pas spécialement du mode de développement des anthérozoïdes, bien que ces auteurs en donnent des figures, il me reste à mentionner l'opinion de M. Leclerc du Sablon.

Dans une première note sur les Hépatiques (3), il s'exprime ainsi : « Le noyau, qui était d'abord central, se rapproche de la surface de la cellule, sans changer de forme ni de dimensions. En même temps, tout autour de la cellule, suivant un grand cercle qui touche le noyau devenu excentrique, un mince filet de protoplasma se différencie, devient homogène et brillant, ne se colore que très difficilement par les réactifs ordinaires du protoplasma et du noyau. C'est là le premier indice de la formation de l'anthérozoïde. Remarquons qu'à ce moment le noyau n'a pas notablement changé de forme. On ne peut donc pas dire que le noyau seul forme l'anthérozoïde en s'allongeant et s'amincissant... Dans un état un peu plus avancé, les différentes parties de la cellule mère ont conservé les mêmes positions relatives, mais le filament est plus épais et plus intimement soudé au noyau... Il s'accroît aux dépens du noyau et du protoplasme. » Après avoir indiqué la disparition progressive du noyau et du protoplasme, il ajoute : « Bientôt après l'anneau se rompt, le filament s'allonge alors en s'amincissant, et acquiert peu à peu la forme de l'anthérozoïde adulte. C'est seulement dans cette période que les deux cils apparaissent à l'une des extrémités... En résumé, les anthérozoïdes des Hépatiques sont formés à la fois par le noyau et par le protoplasme de la cellule mère... »

(1) E. Roze : *Recherches biologiques sur l'Azolla filiculoïdes* (Mémoires du centenaire de la Société philomatique, 1888).

(2) Douglas H. Campbell : *Einige Notizen über die Keimung von Marsilia ægyptiaca* (Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft, 1888).

(3) Leclerc du Sablon : *Sur la formation des Anthérozoïdes des Hépatiques* (Compt. rend. Ac. des sc., 19 mars 1888).

Dans une seconde note sur le *Cheilanthes hirta* (1), M. Leclerc du Sablon admet un mode de développement analogue à certains égards : « Chez les Fougères, la formation de l'anthérozoïde débute par la différenciation, aux dépens du protoplasme, d'un anneau hyalin qui entoure la cellule tout en étant soudé au noyau. C'est seulement après cette première phase que le noyau commence à se modifier : il s'amincit d'abord un peu et devient ovale, puis ses deux extrémités s'allongent sans cesser de rester soudées à l'anneau hyalin et forment ainsi un croissant dont la partie médiane porte encore un très gros renflement. Bientôt, les deux extrémités du filament ainsi formé se rejoignent dans la région de la cellule opposée à la position primitive du noyau. » A ce moment, l'anneau protoplasmique hyalin se rompt et s'ouvre, comme chez les Hépatiques, de façon à recouvrir toujours la face convexe du noyau sur toute sa longueur. Il servirait à la fois à former les cils et à constituer, sur la face dorsale de l'anthérozoïde, une enveloppe hyaline.

En résumé, chez les Hépatiques, la substance du noyau passerait peu à peu dans un filament protoplasmique apparaissant sous forme d'anneau ; chez les Fougères, le noyau s'allongerait au contact de cet anneau, mais sans s'y incorporer, puis ce dernier s'ouvrirait pour suivre l'allongement du noyau en anthérozoïde spiralé. La différence principale qui existe entre les résultats antérieurs et ceux de M. Leclerc du Sablon consiste donc, ainsi qu'il le fait remarquer lui-même, dans l'apparition de cet anneau protoplasmique, dont le rôle ne serait d'ailleurs pas le même chez les Hépatiques et les Fougères.

Dans l'état actuel de la question, l'importance du noyau dans la formation du corps de l'anthérozoïde est bien établie, et il n'y a plus lieu de démontrer qu'il se transforme sans disparaître. L'origine protoplasmique des cils n'est pas non plus douteuse. Il n'en reste pas moins un certain nombre d'obscurités. Le noyau concourt-il seul, morphologiquement, à former le corps de l'an-

(1) *Sur les Anthérozoïdes du Cheilanthes hirta* (Bull. Soc. bot. de France, avril 1888).

thérozoïde, ou bien la différenciation commence-t-elle par le protoplasme pour ne porter ensuite que sur le noyau? Si c'est le noyau seul qui se transforme morphologiquement en anthérozoïde, comment se fait cette transformation, sur laquelle on n'est pas d'accord? Existe-t-il, à l'origine, un anneau produisant à la fois les cils et tout le corps, ou une partie du corps avec les cils? A quel moment et de quelle façon apparaissent ces derniers? Autant de questions générales qui se présentent tout d'abord à l'esprit, sans compter les questions spéciales à chaque groupe, sur lesquelles les opinions varient suivant les auteurs.

I

CHARACÉES

(Planche 2).

Comme il importe avant tout de préciser la part qui revient, dans la morphologie du développement, soit au noyau, soit au protoplasme de la cellule mère, il est nécessaire d'avoir recours à des réactions capables de différencier nettement ces deux sortes d'éléments et permettant de les suivre dans les modifications qu'ils subissent pendant toute la durée du phénomène.

Pour cela, il faut d'abord fixer le contenu des cellules. La vapeur d'acide osmique m'a semblé préférable à la plupart des autres agents ordinairement employés dans ce but. Après y avoir exposé les filaments anthéridiens du *Chara* pendant quelques minutes, il est bon de les durcir par l'alcool absolu, afin d'obtenir une pénétration plus rapide et plus égale des réactifs colorants. Ce procédé a en outre l'avantage de rendre plus facile l'isolement des cellules mères, qu'il importe d'examiner sous toutes leurs faces. On parvient à les dissocier et à en isoler le contenu sans l'écraser en opérant avec soin, de préférence avec le microscope à dissection.

La principale difficulté consiste dans l'observation des premières phases du développement, qui me paraissent avoir échappé à tous les observateurs ou avoir été mal interprétées. J'ai obtenu d'excellents résultats en faisant agir simultanément la fuchsine et le vert de méthyle dissous dans l'eau, de façon à obtenir un mélange d'un violet foncé, qu'il est bon d'aciduler très légèrement avec l'acide acétique. En quelques instants, le noyau prend une coloration bleue tirant sur le vert, le protoplasme une teinte rose vif; quand la coloration est trop intense, l'addition d'eau rend plus manifestes la séparation des deux teintes et leur vivacité. L'action successive de l'éosine et du vert de méthyle permet également une double coloration, qui, pour être moins facile à réussir, n'en est pas moins aussi démonstrative.

Les résultats obtenus par ces modes de fixation et de coloration ont d'ailleurs été contrôlés, pour tous les stades du développement, par d'autres procédés techniques dont le détail serait superflu. Il n'est pourtant pas inutile d'ajouter qu'il faut se tenir en garde, dans le cas actuel, contre l'action de l'acide chromique, si souvent recommandé dans ce genre d'études. Chacun sait, d'ailleurs, qu'il n'existe pas de méthode absolument générale et suffisante pour tous les cas. Par exemple, l'origine des cils de l'anthérozoïde doit surtout être étudiée avec le liquide de Flemming. Mes observations ont été faites avec les objectifs apochromatiques de Zeiss. J'indiquerai, pour les autres groupes de Cryptogames, la meilleure méthode à suivre.

Les figures de la planche en couleur qui accompagne cette première partie du travail sont empruntées au *Chara fragilis*. Elles reproduisent aussi fidèlement que possible les différences de coloration du noyau et du protoplasme obtenues dans les conditions indiquées. Le *Ch. fœtida* et le *Chara aspera* m'ont fourni des résultats absolument semblables.

Lorsque toutes les cellules mères d'anthérozoïdes sont formées dans les filaments de l'anthéridie, elles ont, comme on sait, l'aspect d'articles discoïdes superposés. Dans chacune d'elles, le

noyau occupe à lui seul plus du tiers de la cavité cellulaire (fig. 1 et 2, planche 2). Situé d'abord au centre, il ne tarde pas à devenir latéral et à se placer ordinairement, dans une série de cellules plus ou moins nombreuses, alternativement à droite et à gauche, passant ainsi d'un côté â l'autre dans un filament placé sous le champ du microscope. Il offre une face un peu déprimée, par laquelle il repose, pour ainsi dire, sur l'une des deux cloisons cellulaires transversales, dont il n'est séparé que par une très mince couche de protoplasme; du côté opposé, la distance qui le sépare de l'autre cloison est plus grande (fig. 1). Ce noyau ne montre généralement pas de nucléole nettement différencié par sa taille et ses réactions, mais un certain nombre de granulations plus volumineuses que les autres éléments chromatiques qui entrent dans sa constitution. Le protoplasme qui l'accompagne est finement granuleux et dépourvu de vacuoles; il occupe toute la cavité de la cellule jusqu'au moment où l'anthérozoïde commence à se former.

Le premier phénomène qu'on observe alors consiste en ce que le protoplasme, dont la couche périphérique était d'abord appliquée contre la paroi cellulaire, se contracte légèrement et se sépare de cette dernière. Si l'on examine une cellule dans la direction du grand axe du filament, autrement dit par l'une de ses deux faces planes, inférieure ou supérieure, on voit le noyau très rapproché sur un côté, de la surface du protoplasme, dont l'épaisseur en cet endroit est excessivement faible, ce qui a pu faire croire à M. Gœbel que le noyau n'était pas entièrement recouvert par lui (1); la teinte rose que lui communique la fuchsine en dessine néanmoins le contour (fig. 2). On verra que cette couche protoplasmique a une destination spéciale. C'est sur ce côté externe du noyau qu'on apercevra le premier indice de la différenciation du corps de l'anthérozoïde; du côté interne, le noyau est recouvert par la partie la plus épaisse du protoplasme.

Voyons d'abord comment se développe le corps de l'anthéro-

(1) *Loc. cit.*, p. 421, fig. 121.

zoïde jusqu'à l'état adulte ; nous examinerons ensuite la formation des deux cils dont il est pourvu.

Au côté externe, apparaît une ligne plus dense et plus réfringente que le reste du noyau (fig. 3). Il est nécessaire, pour la distinguer à son origine, d'isoler le contenu cellulaire sans l'endommager et d'observer le noyau par sa face déprimée. Dans une cellule vue, au contraire, par sa surface externe convexe, et du côté externe du noyau, cette ligne est voisine de la cloison transversale adjacente à la face déprimée ; elle lui est également parallèle. Observée ainsi, elle apparaît comme une bande étroite, courte, homogène et brillante. Quoiqu'elle puisse sembler accolée à la surface du noyau, il est certain qu'elle provient d'une différenciation de ce dernier et fait corps avec lui. Aussitôt, pour ainsi dire, que cette bande d'épaississement est devenue apparente, celle de ses deux extrémités qui deviendra la partie antérieure du corps se reconnaît à ce que les cils, qui prennent naissance presque en même temps, s'insèrent à sa face externe (fig. 4). C'est là la première phase du développement de l'anthérozoïde.

La substance de la bande est plus réfringente que la masse nucléaire. Au début, il est assez difficile de la distinguer du protoplasme hyalin qui la recouvre et aux dépens duquel se fait la différenciation des cils. Bientôt, s'allongeant à l'une de ses extrémités, tandis qu'à l'autre elle reste d'abord confondue avec la masse nucléaire, elle forme une sorte de bec, qui fait saillie sur le côté du noyau : c'est l'extrémité antérieure du corps de l'anthérozoïde (fig. 5).

La teinte que le vert de méthyle communique à cette extrémité est plus pâle que celle de la masse nucléaire, mais pourtant manifeste. Elle se distingue nettement de celle du protoplasme coloré en rose par la fuchsine. A un stade plus avancé, la coloration reste encore un peu plus atténuée qu'elle ne semblerait devoir l'être au premier abord, en raison même de l'origine nucléaire de cette extrémité du corps. Mais il faut remarquer que cette extrémité est très grêle et que la substance qui la forme, avec son aspect homogène et brillant, provient surtout

de la partie fondamentale du noyau qui sert de support à la chromatine (1) et qui, par elle-même, est bien moins colorable que cette dernière substance. C'est sur cet élément nucléaire que porte la première différenciation ; la chromatine s'y mélange peu à peu, au fur et à mesure que ses granulations diminuent de grosseur et peut-être se dissolvent plus ou moins complètement dans le noyau, où on les voit, en effet, devenir plus petites et moins nombreuses, avant même que le volume du noyau n'ait sensiblement changé.

C'est surtout à ce premier stade du développement qu'il est indispensable d'examiner le contenu cellulaire sous toutes ses faces, pour lever les doutes qu'on pourrait avoir au premier abord sur l'origine et la nature nucléaires de cette première ébauche de l'anthérozoïde. Les méthodes de coloration indiquées plus haut montrent avec évidence que ce n'est pas le protoplasme qui forme la bande d'épaississement, mais bien le noyau lui-même.

On arrive à la même conclusion par l'emploi des ferments digestifs qui permettent de distinguer le noyau du protoplasme cellulaire. Sans vouloir discuter ici la valeur générale de ce procédé d'analyse microchimique, il me suffira de dire que le suc gastrique artificiel digère le protoplasme de la cellule mère, mais ne digère ni le noyau ni la bande latérale qui s'allongera en anthérozoïde.

La formation du corps de l'anthérozoïde ne commence donc pas, chez les Characées, par l'apparition d'un anneau protoplasmique, qui se montrerait d'abord au contact du noyau et formerait soit une partie, soit la totalité du corps. On verra de même plus tard, à propos des Muscinées et des Fougères, que M. Leclerc du Sablon s'est laissé, à mon avis, tromper par les apparences.

Dès que l'extrémité céphalique de l'anthérozoïde est différenciée, elle prend un accroissement rapide (fig. 5). Elle s'allonge à la surface du protoplasme granuleux dont elle suit

(1) On sait que cette expression sert à désigner surtout la nucléine, dont la chromatine est formée en majeure partie, sinon en totalité.

exactement le contour (fig. 7 à droite). Avant même qu'elle n'ait décrit un quart de cercle, l'extrémité caudale prend naissance à l'opposé (fig. 7, à gauche, et fig. 8), pour s'accroître en sens inverse et venir se juxtaposer latéralement à la première. En projection sur un plan, l'extrémité caudale paraît située un peu en dedans de l'extrémité céphalique (fig. 9); avec le noyau, dont le volume commence à diminuer sur place, les deux parties opposées du corps forment ensemble, à ce stade, un tour de spire, comprenant dans son intérieur tout le protoplasme granuleux, dont la couche superficielle hyaline a déjà servi à la formation des cils.

Pendant que le noyau diminue de volume pour fournir le corps de l'anthérozoïde, il devient de plus en plus homogène; les granulations qu'il renfermait disparaissent peu à peu dans la masse commune, tandis que le protoplasme conserve son aspect primitif (fig. 2 à 7). Toutefois, l'homogénéité des deux parties du corps situées de chaque côté du noyau n'est pas absolument complète, car on peut y distinguer de fines granulations; en tout cas, elle est beaucoup plus marquée, dès le début, que celle du noyau lui-même.

Si l'on observe les cellules par le côté, et dans une position un peu oblique, on aperçoit le corps de l'anthérozoïde continu avec la masse restante du noyau, sous forme d'un croissant, dont les deux extrémités sont plus ou moins voisines l'une de l'autre suivant le stade considéré. Dans les figures 11 et 12, la partie antérieure du corps, plus longue que l'autre, si l'on considère le noyau comme le centre, est située à droite.

La figure 13 représente la coupe optique médiane de deux cellules passant par l'axe du filament anthéridien; chacune d'elles offre à droite, à la surface du protoplasme, la coupe de l'une des deux parties du corps de l'anthérozoïde parvenu à un état de développement plus avancé que dans les figures précédentes. Un stade voisin est indiqué dans la figure 14, où une partie du corps est au premier plan, avec le reste du noyau à droite.

Le noyau, qui jusque-là avait diminué de volume sur place, paraît ensuite s'étirer au fur et à mesure que le développement

progresse. La partie postérieure de l'anthé rozoïde devient manifestement plus épaisse que l'antérieure. Du côté interne, où elle est en contact avec le protoplasme, elle présente une surface légèrement inégale et comme rugueuse; on y distingue facilement des granulations, tandis que, dans tout le reste de sa longueur, le corps est presque entièrement homogène. Cette partie interne de la région caudale se colore moins par le vert de méthyle; ses granulations prennent même, par la fuchsine, une légère teinte rose. Les figures 16 à 20 représentent des anthérozoïdes à divers stades, permettant de suivre les modifications successives du noyau et la résorption du protoplasme. Par une faible pression, on peut écarter légèrement la partie antérieure du corps et la séparer de la postérieure pour mieux apercevoir leur disposition et leur grosseur relatives. Dans la figure 20, l'anthérozoïde comprend deux tours de spire; on ne voit plus l'épaississement formé auparavant, dans la région médiane, par le noyau.

Le protoplasme a considérablement diminué; il est en contact avec la partie médiane et postérieure de l'anthérozoïde, qui le digère, pour ainsi dire, et l'absorbe peu à peu. Si l'on écarte la région postérieure, il reste soudé à la partie médiane (fig. 21).

La région antérieure s'isole, en effet, d'assez bonne heure du protoplasme, et la séparation se continue insensiblement vers l'extrémité opposée; de sorte que, peu de temps avant la fin du développement, le protoplasme n'adhère plus qu'au dernier tour de spire, dont on peut le détacher partiellement (fig. 22). Pendant les premières phases du développement, on observe souvent dans le protoplasme des granulations amylacées, très petites, mais très nombreuses, qui disparaissent assez longtemps avant la formation complète de l'anthérozoïde. Au dernier stade, l'aspect rugueux, persistant, à la face interne, de l'extrémité caudale, est dû à ce que les granulations protoplasmiques s'y incorporent sans subir une modification complète (fig. 23 et 24). A la maturité, le corps de l'anthérozoïde existe seul dans sa cellule-mère; il n'a pas de vésicule caudale et comprend un peu plus de trois tours de spire, rarement près de quatre tours. Sa

substance semble, au premier abord, très homogène, excepté, comme on vient de le voir, à la face interne de la partie caudale; elle offre une coloration intense par tous les réactifs de la nucléine, et contrairement à ce que M. Schmitz a affirmé, l'extrémité antérieure réagit comme la substance nucléaire et non comme le protoplasme. A un fort grossissement, la région médiane et surtout la région postérieure du corps rappellent jusqu'à un certain point l'aspect d'un filament nucléaire dont les granulations chromatiques seraient intimement soudées entre elles et fusionnées. Je ne veux pourtant pas assimiler l'anthérozoïde à un filament nucléaire. On aperçoit aussi, à la surface du corps, une enveloppe excessivement mince, à peine colorable par les réactifs du protoplasme.

Examinons maintenant de près la formation des cils. M. Gœbel est le seul qui les ait remarqués dès les premières phases du développement : « Avant, dit-il (1), qu'on ne distingue le corps de l'anthérozoïde, on aperçoit le contour des cils autour du noyau. » Toutefois il ajoute qu'il ne peut fournir d'indication précise sur la façon dont ils se différencient. Après lui, M. Berthold (2) a admis, au contraire, qu'ils ne prennent naissance que peu de temps avant la sortie de l'anthérozoïde.

Nous savons qu'au moment où apparaît, sur la face externe du noyau, la bande d'épaississement qui s'allongera pour former d'abord l'extrémité antérieure du corps, on aperçoit au-dessus d'elle une couche hyaline de protoplasme dépourvue de granulations (fig. 2 et 3). Sur le reste de la périphérie, cette couche, d'une très faible épaisseur, se distingue à peine par son contour et ses réactions, de la masse granuleuse du protoplasme. Elle ne forme pas un anneau étroit et saillant en dehors du noyau et tout autour du protoplasme, mais une lame d'une certaine largeur dans laquelle les cils se découpent côte à côte, sur un même plan, et en spirale.

Ils apparaissent, on l'a déjà vu, dès que l'extrémité céphalique est formée, et se différencient, à partir de cette extrémité,

(1) *Loc. cit.*, p. 421, fig. 121.
(2) *Loc. cit.*, p. 307.

avec une rapidité très grande. Par l'action prolongée de l'acide osmique, on peut arriver à les voir à la place même où ils se forment et à en suivre le trajet (fig. 6 et 10); une action plus courte du réactif permet de les séparer, quoique difficilement, du corps de l'anthérozoïde encore rudimentaire, ainsi que du protoplasme granuleux. On constate qu'ils ont atteint leur longueur définitive avant même que le corps n'égale un demi-tour de spire (fig. 7). Il est d'autant plus difficile de les observer en place qu'aussitôt après leur formation ils s'écartent les uns des autres et se séparent de l'anthérozoïde et du protoplasme, dans des positions variables, comme l'indiquent leurs sections dans les figures 11, 12, 13, 14, 15, 19 et 23. Avec la double coloration, ces sections sont représentées par des points sombres et rosés, de chaque côté de la coupe optique médiane de la cellule. Leur nombre est nécessairement déterminé par la longueur même des cils, qui est égale à celle de l'anthérozoïde adulte (fig. 24); or, ce dernier formant alors au moins trois tours de spire, ce nombre doit être de six de chaque côté. Mais, au début, soit que la différenciation des cils soit encore incomplète, soit qu'ils restent partiellement soudés ou accolés au corps de l'anthérozoïde et au protoplasme, il est moins élevé et varie forcément. Les figures indiquées permettent de juger de la position variable des deux cils enroulés autour du corps et s'écartant plus ou moins dans l'espace libre situé entre l'anthérozoïde et la membrane cellulaire. Leur insertion sur l'extrémité céphalique et leur accolement à la partie antérieure du corps contribuent, comme on l'a déjà fait remarquer, à atténuer la coloration de cette dernière par le vert de méthyle, et c'est sans doute, en partie, pour cette raison que M. Schmitz a pu croire que l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde n'était pas formée par le noyau.

Les conclusions qui découlent de cette étude des Characées me paraissent se dégager d'une façon très nette.

On remarquera d'abord que Schacht et M. Gœbel ont admis avec raison la transformation directe du noyau en anthérozoïde. Toutefois, si ce dernier observateur a bien indiqué l'apparition,

sur un côté du noyau, de la bande qui fournit la partie antérieure du corps, il n'a pas vu la partie postérieure se développer en sens inverse. La vésicule, dont il rattache l'origine au noyau, ne pourrait dériver que du protoplasme ; c'est aussi de ce dernier que M. Zacharias la fait provenir. On a vu, cependant, que l'anthérozoïde adulte, normalement développé, n'en possède pas.

En résumé, au point de vue morphologique, c'est le noyau qui se transforme directement pour donner le corps de l'anthérozoïde. A cet effet, il se rapproche d'abord de la surface du protoplasme, puis forme l'extrémité antérieure du corps ; l'extrémité postérieure se différencie ensuite à l'opposé de la première. Bientôt l'accroissement en spirale devient manifeste. — Les cils naissent dès l'apparition de l'extrémité antérieure, sur laquelle ils s'insèrent, dans la couche protoplasmique hyaline qui la recouvre et se continue, pour les former aussitôt, sur tout le pourtour du protoplasme granuleux ; ils acquièrent, dès le début, leur longueur définitive.

La métamorphose du noyau s'accompagne de changements internes qui rendent presque entièrement homogène le corps de l'anthérozoïde. Ce dernier digère, en quelque sorte, et absorbe tout le protoplasme granuleux en contact avec lui. A l'état adulte, l'extrémité postérieure présente encore du côté interne les réactions colorantes, d'ailleurs très atténuées, de la substance protoplasmique.

(*A suivre.*)

ÉTUDES SUR LA VÉGÉTATION

DE LA VALLÉE DE CHAMONIX

ET DE LA CHAINE DU MONT BLANC

Par M. Gaston BONNIER

(Planche 7).

INTRODUCTION.

Le massif du Mont Blanc est peut-être la contrée des Alpes dont la flore est la plus pauvre en plantes alpines. Les espèces des plaines s'y rencontrent à de très grandes altitudes, et parfois certaines d'entre elles atteignent presque l'extrême limite de la végétation. C'est pourquoi il n'est peut-être aucune autre région de la chaîne des Alpes se prêtant mieux à l'étude de la lutte qui s'établit entre les plantes de la flore alpine et les plantes répandues dans les régions peu élevées.

L'explication de cette pénurie d'espèces alpines, si remarquable dans la flore de la vallée de Chamonix par exemple, a donné lieu à de nombreuses hypothèses. Quelques botanistes, et, entre autres, M. de Candolle, l'ont attribuée à la persistance plus grande, au fond de cette haute vallée, des glaciers de la chaîne du Mont Blanc, qui s'étendaient dans le bassin de l'Arve où se trouvent partout les preuves indubitables de leur ancienne extension.

A ce point de vue, la vallée de Chamonix offre encore un sujet d'études intéressantes. C'est qu'en effet l'on a pu y ob-

server depuis un siècle, sur une échelle relativement beaucoup plus restreinte, les mêmes phénomènes qui s'y sont produits à l'époque glaciaire.

A la fin du siècle dernier et au commencement du dix-neuvième siècle, les glaciers de la chaîne du mont Blanc ont progressé assez rapidement et ont recouvert complètement de vastes étendues de terrains. Le maximum d'extension des glaces correspond à la période de 1817 à 1826, époque à laquelle les blocs erratiques du glacier des Bois tombaient sur les toits des premières maisons du village de ce nom.

Depuis ce temps, les glaces se sont, au contraire, retirées peu à peu d'une manière très marquée tous les ans, laissant à découvert un sol sur lequel s'installe une nouvelle végétation. C'est ainsi que depuis soixante ans la mer de glace a diminué presque constamment, abandonnant entre son extrémité inférieure et sa moraine frontale un espace de plus de quarante hectomètres carrés (1).

Or, lorsqu'on voit de quelle manière les plantes envahissent ces terrains que les glaces laissent apparaître, c'est comme si l'on assistait à l'immigration des végétaux produite, en grand, dans toute la vallée, à la fin de l'époque glaciaire.

Remarquons, d'autre part, que la constitution géologique du sol est très uniforme dans la majeure partie de la vallée, et que le nombre d'espèces caractéristiques étant peu considérable, chacune de ces espèces est représentée par un très grand nombre d'individus. Ces circonstances sont, on le comprend, favorables à l'étude des limites des régions végétales dans cette partie des Alpes, et le tracé de ces limites se relie aux sujets d'études précédents.

Ce sont ces quelques considérations qui m'ont engagé à faire de très nombreuses observations, pendant trois saisons, sur la distribution des plantes dans cette partie des Alpes et sur les diverses conditions dans lesquelles s'y établit la lutte pour l'existence.

(1) Voyez, planche 7, le terrain couvert de hachures entre les cotes 1090 et 1250, à l'ouest du village *Les Praz d'en haut*.

Étudier, dans cette région limitée, la distribution géographique des espèces en tenant compte de leur fréquence relative, déterminer les limites générales de leur extension en altitude, rechercher comment s'établit la lutte entre les espèces sur un terrain nouveau mis à nu par les glaces, enfin comparer cette flore à celle des autres régions des Alpes, et discuter les diverses explications qu'on a données relativement à son origine, telles sont les diverses questions que je vais aborder successivement.

I

LA VÉGÉTATION DE LA VALLÉE DE CHAMONIX.

Avant de chercher à délimiter les zones végétales, avant de comparer la flore de la vallée de Chamonix à celles des autres parties des Alpes ou d'étudier les modifications qui se produisent dans cette flore, il est nécessaire de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la végétation de la vallée.

1° *Constitution du sol.* — La vallée de Chamonix (depuis le village des Houches jusqu'au col de Balme) est orientée du nord-est au sud-ouest, de telle façon que les flancs de la chaîne du Mont Blanc y sont, d'une manière générale, à l'exposition du nord-ouest, tandis que le versant des Aiguilles-Rouges qui lui fait face regarde le sud-est.

Des Houches à Argentières, le fond de la vallée est en moyenne de 1100 mètres d'altitude ; sur la chaîne du Mont Blanc, partout l'altitude des sommets est supérieure à la limite de toute végétation, et, du côté des Aiguilles-Rouges, la crête dont le point le plus élevé a 2966 mètres s'abaisse vers le sud-ouest jusqu'au-dessous de 2000 mètres. Il s'établit donc ainsi des différences d'altitude considérables sur les deux versants qui forment des pentes assez régulières et continues jusqu'aux rochers supérieurs.

Le fond de la vallée est recouvert par des alluvions laissant apparaître çà et là des lambeaux de schistes quartzifères ou calcaires qui appartiennent aux terrains triasiques et surtout aux terrains du Lias.

Mais ces terrains ne s'étendent guère en dehors des parties de la vallée qu'occupent les cultures, et la presque totalité des deux versants est constituée par des schistes cristallins ou par des roches granitiques. Ces dernières se rencontrent partout sur la partie la plus élevée de la chaîne du Mont Blanc et forment aussi une bande à mi-hauteur sur la pente du versant des Aiguilles-Rouges, qui est située vers le nord de la vallée.

Au Belvédère, point culminant des Aiguilles-Rouges, on trouve une région très circonscrite, entourée de tous les côtés par des micaschistes; là se présentent des couches sédimentaires n'ayant guère, en moyenne, qu'une cinquantaine de mètres d'épaisseur et qui se composent de schistes quartzifères de l'époque du Trias surmontées par des calcaires et des schistes qui appartiennent au Lias. Cette région très limitée, formée par des terrains différents de ceux qui les environnent, et dont la flore a été étudiée par M. Vallot (1), offre un intérêt tout spécial au point de vue de l'influence de la nature du sol sur la distribution des végétaux, et nous aurons plus loin l'occasion de revenir sur ce sujet.

Mais, en somme, à part cette petite région exceptionnelle du Belvédère, à part quelques lambeaux de terrain peu étendus en dehors des cultures, c'est partout sur un sol composé de débris granitiques, gneissiques ou de schistes micacés, que les plantes croissent dans cette vallée. La composition chimique et la constitution physique de la terre végétale est donc partout sensiblement la même, et nous pourrons établir les limites de l'extension des espèces sans que la nature du sol influe d'une manière sensible sur ces limites.

C'est ainsi que les pentes de la vallée, dans toute l'étendue de terrains que représente la carte reproduite sur la planche 7,

(1) J. Vallot : *Influence chimique du sol sur la végétation du sommet des Alpes*. (Bulletin de la Société Botanique de France, t. XXXIV, séance du 28 janvier 1887.)

sont presque sans exception constituées par un sol formé par des débris de roches cristallines.

2° *Extension des plantes de plaines jusqu'à des altitudes élevées.* — Ce qui frappe le plus un botaniste habitué à herboriser dans les autres régions des Alpes, lorsqu'il visite pour la première fois la vallée de Chamonix, c'est la rareté des plantes spécialement alpines, non seulement comme nombre d'espèces, mais aussi comme nombre d'individus. Les plantes de plaines qui sont répandues dans cette région des Alpes y sont en très grand nombre; si bien qu'au premier abord on ne se croirait pas à une altitude si élevée. En revanche, il y manque une quantité considérable d'espèces qu'on trouve à profusion, au sud, dans le Dauphiné, et au nord, dans le Valais.

Dans la partie inférieure de la vallée, les prairies, les champs et les bords des chemins sont déjà remarquables par l'absence presque totale de plantes des Alpes, tandis qu'ailleurs, au fond de toutes les hautes vallées des montagnes, on trouve des espèces alpines dans de semblables habitats. Ce n'est pas seulement dans cette zone la plus basse que se manifeste la pauvreté générale de la flore, mais aussi dans la région subalpine et même dans la région alpine des prairies supérieures ou des rochers.

C'est dans la région subalpine que la lutte est la plus grande entre les espèces de plaines et les espèces spéciales. On est surpris, lorsqu'on traverse pour la première fois les forêts de sapins (exclusivement constituées par des Epicéas aux environs de Chamonix) de voir, par exemple, les Graminées, les Composées, les Labiées et les Fougères des régions inférieures qui l'emportent partout sur les espèces subalpines les plus voisines. Le *Trollius europæus* est relativement rare, tandis que le *Caltha palustris* est très abondant. Le *Phænopus muralis* est partout, tandis que le *Mulgedium alpinum* et même le *Prenanthes purpurea* sont moins répandus. L'*Aira flexuosa*, le *Briza media*, l'*Anthoxantum odoratum* prennent partout la place qu'occupent les Graminées subalpines dans d'autres régions. On ne saurait

trouver dans la zone des sapins toutes ces espèces variées de Gentianes, d'Ombellifères, de Pyroles, de Chardons, etc., qui sont presque partout caractéristiques de la région subalpine.

Dans la région alpine, la proportion du nombre des espèces, et même celle du nombre des individus, appartenant aux plantes de plaines est certainement moins forte, mais elle est encore considérable, plus grande que dans aucune autre contrée des Alpes. En revanche, on pourrait citer une longue liste d'espèces alpines répandues dans le Dauphiné et dans le Valais et qui font défaut sur le massif du Mont-Blanc. Il suffira de dire, par exemple, que l'on ne saurait y rencontrer des plantes dont l'aire est très étendue dans toute la chaîne des Alpes, comme les *Hugueninia tanacetifolia*, *Oxytropis fœtida*, *Potentilla nivea*, *Cardus defloratus*, *Phyteuma Halleri*, *Eritrichium nanum*, *Gregoria Vitatiana*, *Scirpus alpinus*, *Carex bicolor*, etc.

D'ailleurs, pour pouvoir se rendre compte de l'extension des espèces de plaines, je citerai celles de ces plantes qui sont répandues par individus nombreux sur le massif du Mont Blanc et qui s'élèvent jusqu'aux hautes altitudes dans la région alpine, c'est-à-dire au-dessus de la limite supérieure des forêts de sapins.

LISTE DES PLANTES DE PLAINES QUI S'ÉLÈVENT JUSQUE DANS LA RÉGION ALPINE SUR LA CHAINE DU MONT BLANC, ET S'Y TROUVENT EN ABONDANCE

Ranunculus acris, jusqu'à 2400 mètres d'altitude.

Ranunculus Flammula, marécages de la région alpine.

Caltha palustris, abondant jusqu'à 2300 mètres.

Biscutella lævigata, jusqu'à 2500 mètres.

Viola palustris, jusqu'à 2300 mètres.

Parnassia palustris, jusqu'à la région alpine supérieure, dépasse souvent 2400 mètres d'altitude.

Polygala vulgaris, commun dans la région alpine inférieure.

Polygala amarella Krantz, jusqu'à 2500 mètres.

Silene inflata, abondant dans la région alpine.

Sagina procumbens, abondant jusqu'à 2500 mètres.

Arenaria serpyllifolia, jusqu'aux dernières limites de la végétation; par exemple au « Jardin » de la Mer de glace (2800 mètres) ; — devient vivace.

Stellaria media, jusqu'à plus de 2000 mètres d'altitude; — devient vivace.

Cerastium arvense, jusqu'à 2550 mètres.

Linum catharticum, jusqu'à 2400 mètres ; — devient parfois vivace.

Rhamnus Frangula, région alpine.

Anthyllis Vulneraria, presque juqu'aux dernières limites de la végétation.

Trifolium pratense, jusqu'aux dernières limites de la végétation.

Trifolium repens, jusqu'à 2500 mètres.

Lotus corniculatus, région alpine.

Potentilla Tormentilla, jusqu'à 2300 mètres.

Fragaria vesca, dépasse 2500 mètres, abondant jusqu'à 2300 mètres.

Rubus Idæus, jusqu'à 2450 mètres.

Poterium Sanguisorba, dépasse 2500 mètres, abondant jusqu'à 2300 mètres.

Alchimilla vulgaris, dépasse 2500 mètres, abondant jusqu'à 2300 mètres.

Pimpinella magna, jusqu'à 2400 mètres.

Galium verum, région alpine inférieure et parfois jusqu'à 2500 mètres.

Galium silvestre, région alpine inférieure.

Scabiosa lucida, jusqu'à 2650 mètres.

Solidago Virga-aurea, jusqu'aux dernières limites de la végétation; se trouve au « Jardin » (2800 mètres).

Achillea Millefolium, jusqu'à la région alpine supérieure.

Gnaphalium dioicum, jusqu'aux dernières limites de la végétation, se trouve au « Jardin » (2800 mètres).

Cirsum acaule, jusqu'à la région alpine supérieure.

Leontodon hispidus, jusqu'à 2500 mètres.

Taraxacum Dens-leonis, jusqu'aux dernières limites de la végétation ; se trouve « au Jardin » (2800 mètres).

Hieracium murorum, région alpine inférieure.

Campanula rotundifolia, région alpine inférieure.

Vaccinium Myrtillus, jusqu'à 2500 mètres.

Calluna vulgaris, jusqu'à 2650 mètres.

Gentiana ciliata, dépasse 2500 mètres.

Veronica serpyllifolia, jusqu'à 2400 mètres.

Rhinanthus Crista-galli, région alpine ; — devient vivace.

Euphrasia officinalis, jusqu'aux dernières limites de la végétation et jusqu'au « Jardin » (2800 mètres).

Thymus Serpyllum, presque jusqu'aux dernières limites de la végétation.

Rumex scutatus, région alpine ; monte jusqu'à la région alpine supérieure, sur le revers méridional du mont Blanc (V. Payot).

Juniperus communis, région alpine.

Orchis viridis, région alpine inférieure et même supérieure.

Epipactis latifolia, région alpine inférieure.

Allium Schœnoprasum, dépasse 2500 mètres.

Luzula campestris, région alpine inférieure.

Scirpus compressus, régions alpines inférieure et supérieure.

Scirpus cæspitosus, dépasse 2500 mètres.

Scirpus uniglumis Link, région alpine inférieure.

Eriophorum angustifolium, région alpine inférieure.

Carex teretiuscula, région alpine inférieure.

Carex echinata Murr., région alpine inférieure.
Carex vulgaris Fries, région alpine inférieure.
Carex glauca, régions alpines inférieure et supérieure.
Carex panicea, jusqu'à 2300 mètres.
Carex limosa, régions alpines inférieure et supérieure.
Carex ericetorum, région alpine inférieure.
Carex flava, région alpine inférieure.
Carex hirta, région alpine inférieure.
Anthoxanthum odoratum, abondant jusqu'aux dernières limites de la végétation ; se trouve au « Jardin » (2800 mètres).
Sesleria cærulea, région alpine inférieure et parfois plus haut.
Agrostis vulgaris, abondant jusqu'à 2500 mètres d'altitude.
Aira flexuosa, région alpine inférieure et même supérieure.
Avena pubescens, région alpine inférieure.
Trisetum flavescens, région alpine inférieure.
Kœleria cristata, région alpine inférieure.
Poa annua, jusqu'à 2300 mètres ; — devient vivace.
Poa nemoralis, région alpine inférieure.
Briza media, région alpine inférieure et parfois plus haut.
Dactylis glomerata, région alpine inférieure.
Molinia cærulea, régions alpines inférieure et supérieure.
Nardus stricta, jusqu'aux dernières limites de la végétation, se trouve au « Jardin » (2800 mètres).
Botrychium Lunaria, jusqu'à 2600 mètres.
Polypodium vulgare, région alpine inférieure.

Les plantes de plaine, qui se trouvent en abondance près des chalets les plus élevés ou près des abris servant aux troupeaux, telles que les *Galeopsis Tetrahit*, *Urtica dioica*, *Chenopodium*, *Bonus-Henricus*, etc., n'ont pas été mises sur cette liste.

Les Muscinées et les Lichens n'y figurent pas non plus, car on sait que la délimitation en altitude de ces plantes est partout beaucoup moins nette que celle des plantes vasculaires.

Plusieurs des plantes précédentes peuvent s'observer à des altitudes aussi élevées dans les autres parties des Alpes ou dans les Pyrénées, mais nulle part elles ne s'y présentent avec une telle abondance, et l'on peut dire que, même dans la région alpine, un assez grand nombre des espèces qui viennent d'être citées forment souvent le fond de la végétation.

Il est vrai que dans les altitudes supérieures le port de ces espèces n'est plus le même : leurs tiges rampent sur le sol, leurs feuilles sont moins amples et plus épaisses, leurs fleurs sont rela-

tivement grandes et plus colorées; la plupart de ces plantes perdent même plusieurs autres caractères morphologiques qu'on leur reconnaît dans les plaines, et, comme on a pu le remarquer en lisant les indications de la liste précédente, les espèces annuelles deviennent presque toutes vivaces. Les caractères des plantes observées à de grandes altitudes sont même assez différents, pour que plusieurs auteurs aient décrit ces formes alpines comme espèces spéciales.

On pourrait donc objecter que beaucoup des espèces que je viens de citer ne sont pas des espèces de plaines. Mais, pour toutes, sans exception, j'ai constaté, entre les formes de plaines et les formes alpines, toutes les transitions possibles. De plus, dans les petites stations de culture que j'ai établies dans les Pyrénées et dans les Alpes, à diverses altitudes et en particulier sur la chaîne du Mont Blanc (1), une quarantaine d'espèces de la liste précédente ont été cultivées dans la région alpine dont les plantes ou les graines avaient été prises dans les plaines de France, à une altitude de 50 à 200 mètres, et transportées dans les stations de culture les plus élevées, à 2300 ou 2400 mètres; ces plantes n'ont pas tardé à prendre les caractères alpins qu'on observe sur leurs congénères croissant spontanément à cette altitude.

Nous pouvons donc conclure de ce qui précède, que l'extension des plantes de plaines est considérable sur le massif du Mont Blanc, dans la région subalpine et dans la région alpine, souvent même jusqu'aux limites de la végétation.

(1) Voyez les *stations de culture* n^os^ 3 et 4, pl. 7, à 1050 mètres et à 2300 mètres d'altitude.

(A suivre.)

ASSIMILATION ET TRANSPIRATION

CHLOROPHYLLIENNES

Par M. Henri JUMELLE (1)

La chlorophylle, sous l'influence de la lumière, assimile du carbone et vaporise de l'eau. Pour l'accomplissement de ce double phénomène, elle absorbe les radiations lumineuses. Cette absorption est le phénomène initial ; les deux autres en résultent et sont également suspendus par toutes les causes qui, comme l'éther, le chloroforme, paralysent l'action chlorophyllienne (2).

La connaissance de ces faits amène à rechercher s'il existe, entre ces deux phénomènes de l'assimilation et de la chlorovaporisation (3), provoqués en partie par la même cause, une dépendance réciproque; en d'autres termes, si l'arrêt de l'un d'eux modifie l'autre, et dans quel sens. Que devient par exemple la transpiration quand, la fonction chlorophyllienne persistant, l'assimilation cesse?

La question a déjà été posée par M. Dehérain dans une communication faite en 1878 à l'Association française pour l'avancement des sciences. Les conclusions de cette note nous semblent toutefois peu justifiées par les quelques lignes que

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.

(2) Wiesner : *Recherches sur l'influence de la lumière et de la chaleur rayonnante sur la transpiration* (Annales des sciences naturelles, 1877). — Van Tieghem, *Traité de botanique*, 2e édition.

(3) Van Tieghem : *Transpiration et chlorovaporisation* (Bulletin de la Société botanique de France, 1886).

M. Dehérain consacre à les établir, sans citer aucune expérience. Il y est, tout au plus, prouvé que l'acide carbonique modifie la transpiration. Or, nous verrons que cette modification pourrait être produite par plusieurs causes autres que l'excès de chaleur résultant de l'arrêt même de l'assimilation. C'est la discussion que nous avons entreprise ici, en variant les conditions des expériences.

Première expérience. — Deux graines de Lupin ont été mises en germination à la même époque. Trois semaines après, les deux plantes possèdent chacune trois feuilles, et sont en tout semblables. Elles ont été alors coupées au niveau des racines et introduites chacune dans une éprouvette reposant sur le mercure. L'air de l'une de ces éprouvettes a été laissé tel qu'il se trouvait au moment de l'expérience, l'autre a été chargé d'acide carbonique, environ dans la proportion de 5 pour 100.

Les deux plantes ont été exposées, dans ces conditions, au soleil, de une heure à deux heures et demie. Elles ont été pesées avant et après l'expérience, et la diminution de leur poids, qui représente l'eau transpirée, a été trouvée égale :

— Pour la plante placée dans l'air ordinaire à $0^{gr},071$;

— Pour la plante placée dans l'air chargé d'acide carbonique à $0^{gr},054$.

Ainsi, la plante qui se trouvait dans de meilleures conditions d'assimilation semble avoir moins transpiré. Mais il n'y a là encore qu'une légère indication, et le fait doit être précisé.

Deuxième expérience. — La seconde expérience a été faite sur les mêmes plantes, mais ici : dans l'une des éprouvettes on a introduit de la potasse en pastilles ; dans l'autre on a introduit au contraire 9 pour 100 d'acide carbonique, proportion qui se rapproche de la proportion la plus favorable à l'assimilation.

Dans le premier cas, l'assimilation est presque complètement arrêtée ; elle s'exerce toujours, il est vrai, sur l'acide carbonique provenant de la respiration, qui est décomposé avant de sortir de la plante, mais elle est considérablement diminuée, réduite

en quelque sorte à son minimum. Dans le second cas, au contraire, elle est voisine de son maximum.

Nous avons pesé, avant et après l'expérience, d'une part chacune des plantes, d'autre part les éprouvettes et la potasse. Les nombres représentant la diminution de poids des unes et l'augmentation de poids des autres ont été concordants.

Après une expérience de deux heures au soleil, les plantes avaient transpiré :

— Dans l'air sans acide carbonique : $0^{gr},165$;

— Dans l'air avec acide carbonique : $0^{gr},069$.

Nous retrouvons donc ici, avec une plus grande différence, les mêmes résultats que précédemment.

Le lendemain, une autre expérience faite dans les mêmes conditions, à un soleil plus vif, a donné après deux heures :

— Pour la quantité d'eau transpirée en l'absence d'acide carbonique : $0^{gr},266$;

— Pour la quantité d'eau transpirée en présence d'acide carbonique : $0^{gr},180$.

Troisième expérience. — La troisième expérience a été réalisée dans des conditions plus normales de végétation.

Les Lupins ont été élevés dans une solution minérale, suivant le procédé indiqué par Sachs. Nous avons, de plus, disposé l'appareil de manière à pouvoir calculer l'eau absorbée.

A cet effet, les plantes sont fixées, au niveau des racines, à travers un bouchon fermant l'éprouvette à pied qui renferme la solution. Ce bouchon est en outre percé de deux trous : par l'un, passe un tube qui s'arrête à quelque distance du fond de l'éprouvette ; par l'autre, passe un second tube descendant plus bas dans l'éprouvette, et recourbé en siphon à son autre extrémité. Le bouchon est verni pour empêcher l'évaporation de l'eau de l'éprouvette.

Au début de l'expérience, et la plante une fois fixée, de l'eau est versée dans l'éprouvette à l'aide du premier tube, puis retirée par aspiration au moyen du tube-siphon. L'eau cesse de s'écouler quand elle arrive dans le vase au niveau de l'extrémité de ce

tube. Il est évident alors que, si on remet dans l'éprouvette une certaine quantité d'eau, l'on recueillera par aspiration cette même quantité, puisque l'eau s'arrêtera encore au même niveau.

Pendant l'expérience, quand il y a absorption de cette eau par les racines, il suffira donc de connaître le volume versé, et de mesurer le volume recueilli pour connaître, par différence, la quantité d'eau absorbée.

Pour évaluer d'autre part la transpiration, chacun de ces appareils est placé sous une cloche de 1 mètre de hauteur et $0^m,50$ de diamètre, hermétiquement close. La grandeur de ces cloches permet aux plantes de vivre quelque temps, sans trop souffrir de ces conditions de végétation dans une atmosphère restreinte.

On place, en outre, sous chaque cloche, à côté de la plante, un vase renfermant un volume d'eau connu, et, à une certaine hauteur, un autre vase contenant de l'acide sulfurique concentré, dont le poids est également connu.

L'acide sulfurique absorbant la vapeur d'eau émise par la plante, et desséchant l'atmosphère de la cloche, l'eau du vase a pour but d'entretenir autour de cette plante, par son évaporation continuelle, une certaine humidité.

A la fin de l'expérience, après que l'eau du vase a été retirée et l'atmosphère complètement desséchée, la quantité d'eau transpirée est donnée par l'augmentation de poids de l'acide sulfurique, moins la diminution de poids de l'eau du vase.

Enfin, pour les expériences comparatives que nous avons entreprises, tandis que, dans l'une des cloches, l'acide carbonique de l'air est sans cesse absorbé par une solution concentrée de potasse (1); dans l'autre, au contraire, de l'acide carbonique est versé chaque jour par un orifice percé au sommet de la cloche et que ferme, pendant l'expérience, un bouchon de caoutchouc.

Les expériences ainsi décrites ont été faites d'abord sur des Lupins de même âge, dont les cotylédons n'étaient pas encore tombés. L'un, qui portait six feuilles, a été mis sous la cloche

(1) Cette solution de potasse, absorbant de la vapeur d'eau, est mesurée en volume avant et après l'expérience.

renfermant de l'acide carbonique. L'autre, qui n'avait que quatre feuilles, a été mis dans la cloche privée d'acide carbonique.

L'expérience a duré cinq jours, du 9 au 13 août. Après ce temps, la première des plantes pourvue d'acide carbonique, et qui avait sur la seconde un avantage au point de vue de la surface foliaire, a absorbé 8 grammes d'eau et évaporé 8 grammes. La seconde, malgré son désavantage, a absorbé 20 grammes d'eau et évaporé 19^{gr},250.

Le phénomène est donc ici dans le même sens que précédemment; la différence y est encore plus nette.

Pour prouver qu'elle se produit à tous les âges, de nouvelles expériences ont été faites dans les mêmes conditions, sur la même espèce, mais à un état plus avancé de développement.

Les deux plantes, du même âge, ont fleuri et ont poussé deux ramifications. Chacune de ces ramifications a six à huit feuilles dans l'une, et deux seulement dans l'autre.

Ici encore, cette dernière plante est, par désavantage, placée dans l'air privé d'acide carbonique.

Après trois jours, du 13 au 16 août, elle a absorbé 5 grammes d'eau et transpiré 4^{gr},650.

L'autre plante, aux feuilles plus nombreuses, mais pouvant assimiler, a absorbé 2 grammes d'eau et évaporé 2 grammes.

Le résultat est encore le même que précédemment.

Quatrième expérience. — Le même genre d'expériences a été renouvelé sur deux jeunes Ricins, dont les cotylédons ne sont pas encore tombés.

L'un des Ricins, portant trois feuilles, a été laissé en présence d'acide carbonique; l'autre, dont la troisième feuille commence seulement à se développer, a été privé de ce gaz.

Après vingt-quatre heures, le soleil ayant été vif dans la journée,

— Le premier Ricin (avec acide carbonique) a absorbé 1 gramme et évaporé 1^{gr},650.

— Le deuxième Ricin (sans acide carbonique) a absorbé 4 grammes et évaporé 4^{gr},390.

Dans les deux cas la transpiration a été rapide, plus rapide même que l'absorption, mais la même différence se retrouve encore entre les deux plantes vivant dans des conditions d'assimilation différentes.

Cinquième expérience. — Deux Liquidambars ont été mis sous les cloches. Ils sont du même âge et aussi semblables que possible. Ils mesurent environ $0^m,80$ de hauteur.

Les pots dans lesquels ils vivent ont été vernis et recouverts, après l'arrosage d'un disque en verre mastiqué sur les bords et au point où la tige le traverse.

Ces pots sont pesés avant et après l'expérience, et la perte de poids sert de contrôle (comme tout à l'heure l'eau absorbée) aux nombres obtenus par les pesées de l'acide sulfurique.

Pendant vingt-quatre heures ils sont laissés tous deux sous les cloches dans les mêmes conditions avec un air contenant de l'acide carbonique.

Après ce temps ils ont, tous deux, transpiré 8 grammes d'eau. Ils sont donc comparables.

Dans une seconde expérience de vingt-quatre heures, l'un d'eux est privé d'acide carbonique. Il a transpiré, après ces vingt-quatre heures, 11 grammes d'eau, tandis que l'autre en a encore transpiré 8 grammes.

Pendant ces deux jours une autre expérience avait été faite sur un Liquidambar plus développé.

— Le premier jour, en présence de l'acide carbonique, il a transpiré 12 grammes d'eau.

— Le second jour, privé de ce même gaz, il a transpiré 16 grammes.

Cependant on a vu, d'après l'expérience antérieure, que les deux journées étaient comparables au point de vue de la lumière, puisque le Liquidambar qui est resté dans les mêmes conditions a transpiré la même quantité d'eau.

Sixième et dernière expérience. — Citons rapidement, pour terminer, des expériences de plus longue durée faites sur le Lupin.

Deux graines ont été mises à germer en même temps, mais l'une d'elles dans un milieu dépourvu d'acide carbonique. Quand la racine a atteint une certaine longueur, les deux plantules ont été disposées comme dans la troisième expérience.

La plantule, soustraite depuis le début de sa germination à l'influence de l'acide carbonique, a développé des feuilles moins larges que l'autre, mais sa transpiration a néanmoins été plus forte.

Ainsi, après trois jours, la quantité d'eau transpirée a été :

— Pour la plantule normale : 0gr,100 ;

— Pour la planture n'assimilant pas : 1gr,500.

De nouvelles pesées ont été faites deux jours, puis cinq jours après. L'eau transpirée par la première des plantules a été si faible qu'elle n'a pu être évaluée. Nous avons trouvé, par contre, pour la quantité d'eau transpirée par la seconde :

— Après deux jours : 0gr,220 ;

— Après trois jours : 1 gramme.

Le phénomène s'est donc encore produit dans le même sens que précédemment.

Examens des résultats obtenus. — Il nous reste maintenant à préciser la cause de ces faits.

Dans les conditions où nous nous sommes placés, trois influences différentes peuvent modifier la transpiration :

1° La présence de l'acide carbonique dans l'air qui peut ralentir la transpiration ;

2° La présence de la potasse qui peut accélérer la transpiration en desséchant l'atmosphère ;

3° L'arrêt de l'assimilation, dont l'effet sur la transpiration ne peut être établi *a priori*.

L'acide carbonique peut ralentir la transpiration : soit en changeant, par sa présence, les conditions physiques du milieu où vit la plante ; soit en provoquant, dans cette plante même, certaines transformations chimiques aux dépens de l'eau, comme le pense M. Barthélemy (1).

(1) Barthélemy : *De l'exhalation aqueuse des plantes dans l'air et dans l'acide carbonique* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 10 nov. 1873).

Pour déterminer l'influence physique de l'acide carbonique sur la transpiration, nous avons reproduit les expériences précédentes à l'obscurité.

Deux Pois du même âge, par exemple, portant tous deux quatre feuilles, ont été coupés au niveau des racines et placés, comme pour la première expérience, chacun dans une éprouvette. Tous deux sont restés vingt-quatre heures à l'obscurité.

Après ces vingt-quatre heures :

— Un de ces Pois, pesant $0^{gr},774$, et placé dans un milieu renfermant 9 p. 100 d'acide carbonique, a évaporé $0^{gr},016$ d'eau ;

— L'autre Pois, pesant $0^{gr},750$, et privé d'acide carbonique, a évaporé $0^{gr},017$ d'eau.

Les deux résultats sont donc ici absolument comparables et montrent que, par lui-même, l'acide carbonique n'a, en tous cas, qu'une influence physique excessivement faible.

A-t-il une influence d'ordre chimique? M. Barthélemy a constaté que, tandis qu'il y a à peu près égalité, dans un milieu normal, entre la quantité d'eau absorbée par les racines et la vapeur d'eau rejetée par les feuilles ; au contraire, dans un milieu formé uniquement d'acide carbonique, la quantité d'eau rejetée par les feuilles devient moindre que celle absorbée par les racines. Il y aurait, dans ce cas, d'après M. Barthélemy, fixation des éléments de l'eau qui, sans la présence d'acide carbonique, serait rejetée au dehors (1).

Remarquons d'abord que l'explication donnée par M. Barthélemy est inadmissible, puisqu'il place les plantes dans de l'acide carbonique, où l'assimilation ne peut avoir lieu.

Cette explication pourrait au contraire sembler valable pour les plantes placées dans une atmosphère renfermant 9 p. 100 d'acide carbonique. Il serait possible alors que la fixation des

(1) Les nombres donnés dans notre troisième expérience montrent pour les plantes placées dans un air *privé d'acide carbonique* cette même différence entre l'absorption et la transpiration, constatée par M. Barthélemy pour les plantes placées *dans l'acide carbonique*. Les conditions de ces deux expériences si différentes en apparence sont d'ailleurs les mêmes au point de vue de l'assimilation, qui est nulle dans les deux cas. L'explication de M. Barthélemy étant inadmissible, il y a peut-être dans ce fait un autre sujet de recherches.

éléments de l'eau, résultant de l'assimilation, diminuât d'autant la quantité d'eau transpirée.

Mais, outre que cette différence, à l'état normal, entre l'eau absorbée et l'eau évaporée, est très faible, rappelons-nous que l'absorption elle-même est différente suivant la présence ou l'absence d'acide carbonique, et plus grande dans ce dernier cas.

Ainsi, dans la troisième expérience, la plante pouvant assimiler du carbone, et qui a évaporé 8 grammes d'eau, a absorbé ces 8 grammes ; l'autre plante, privée d'acide carbonique et qui a évaporé $19^{gr},250$ d'eau, en a absorbé 20 grammes.

La transpiration plus grande de cette dernière a donc eu lieu indépendamment de l'arrêt de tout phénomène chimique entraînant une dépense d'eau, puisqu'elle a été accompagnée d'une absorption également plus rapide.

L'acide carbonique n'a donc pas plus d'influence chimique que d'influence physique sur le phénomène que nous étudions.

— Nous avons donné, comme seconde cause possible de l'accélération de cette transpiration, la présence de la potasse, qui absorbe, en même temps, l'acide carbonique et la vapeur d'eau, et qui, en desséchant l'atmosphère, peut accélérer la transpiration.

Cette cause ne peut avoir, dans toutes nos expériences, qu'une importance très secondaire. Elle est, en effet, aussi atténuée que possible par l'évaporation de l'eau placée, dans les deux cloches, près de la plante.

Cette évaporation, qui entretient l'humidité de l'air, est réglée par la dessiccation. Elle est d'autant plus grande que l'atmosphère est plus rapidement desséchée, et il y a, par suite, dans les deux cloches, malgré la différence de dessiccation, le même état hygrométrique.

Au reste, dans la première expérience, nous avons opéré sans faire intervenir la potasse, et les résultats ont été les mêmes que dans la suite.

Conclusion. — Ainsi, des trois causes précédemment énoncées, les deux premières n'ont sur la transpiration aucune influence

sensible. Ce n'est donc pas l'absence d'acide carbonique qui active la transpiration, mais l'arrêt même de l'assimilation ; en d'autres termes :

Quand la fonction chlorophyllienne persistant, l'assimilation est suspendue, l'intensité de la transpiration chlorophyllienne est augmentée.

Une seule explication de ce fait nous semble possible. On sait que, d'après Wiesner, une partie seulement de la lumière qui traverse la chlorophylle sert à la décomposition de l'acide carbonique ; la chaleur provenant de l'autre partie produit de la vapeur d'eau. Or, si l'assimilation est supprimée, la partie des radiations lumineuses qui servait à la décomposition de l'acide carbonique reste libre. Il en résulte une plus grande quantité de chaleur emmagasinée dans la plante, et, par suite, une plus forte vaporisation.

Cette relation étroite, qui existe entre les deux phénomènes de l'assimilation et de la chlorovaporisation, laisse prévoir que, à l'état normal, plus l'assimilation sera forte, plus la transpiration chlorophyllienne sera faible. Et, en effet, dans la dernière expérience, où les organes étaient très jeunes et doués ainsi d'une assimilation très vive, nous avons trouvé, à l'état normal, une très faible transpiration. En entravant l'assimilation, au contraire, nous avons reporté une énorme quantité de l'énergie de la fonction chlorophyllienne sur la transpiration, qui a été considérablement activée.

Tous ces faits concordent donc avec la théorie de Wiesner, dans laquelle ils trouvent leur seule explication. Ils seraient, par là même, s'il en était besoin, une preuve de plus à l'appui de cette théorie.

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE PUBLIÉS EN 1888

I. — Anatomie de la cellule.

Parmi les travaux d'anatomie parus pendant l'année qui vient de s'écouler, les plus importants sont certainement ceux qui ont rapport à l'anatomie de la cellule. Citons d'abord le nouveau mémoire de M. Strasburger (1) sur la division du noyau cellullaire. Dans ce travail, l'auteur reprend avec le plus grand détail l'histoire de la division nucléaire, et sur plusieurs points il modifie d'une façon importante les idées généralement reçues.

On admettait que le noyau à l'état de repos était essentiellement formé par un filament continu de matière protoplasmique portant les granulations

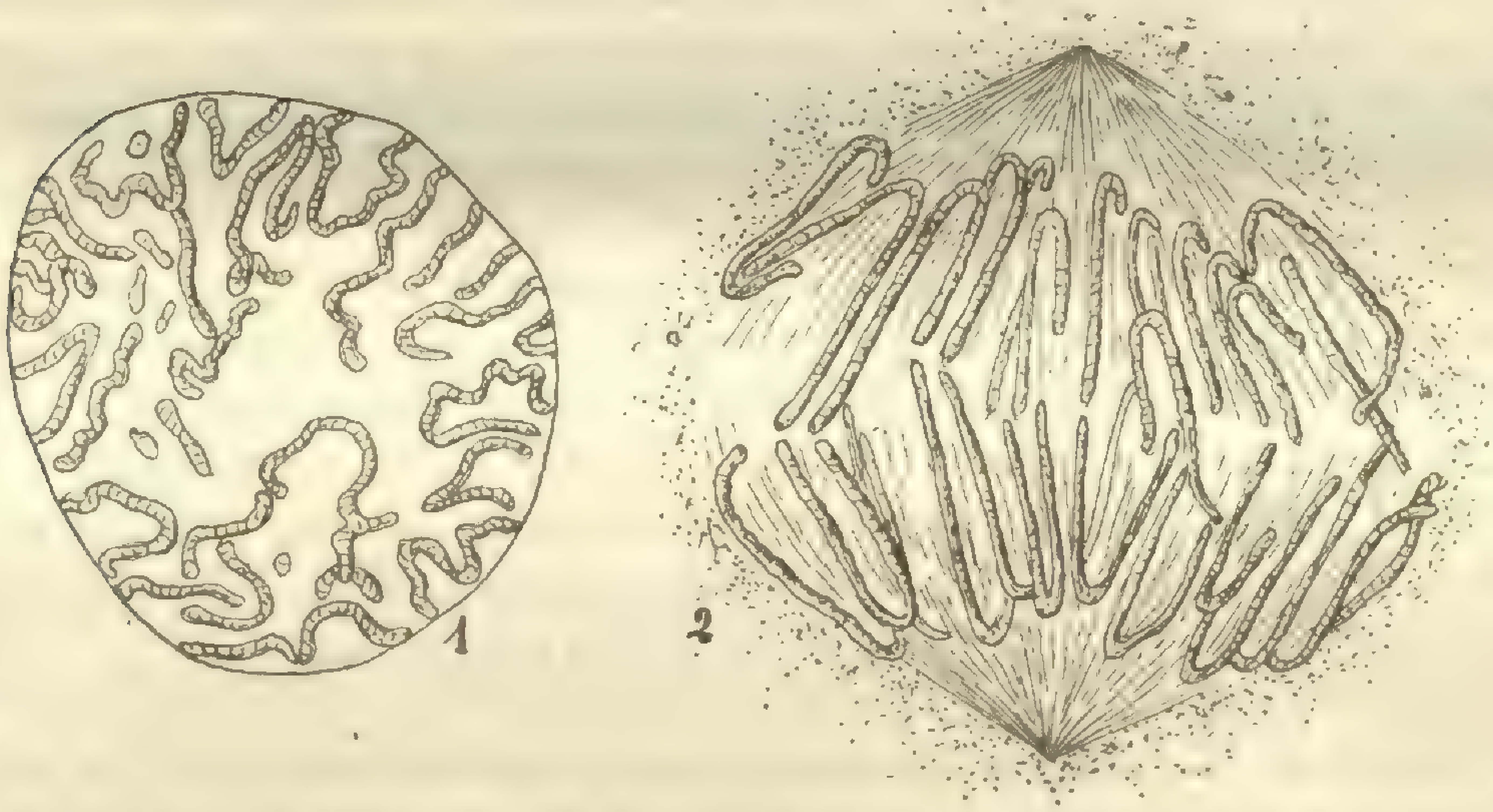


Fig. 1. — Division du noyau dans l'albumen du *Fritillaria imperialis*, les segments du filament nucléaire sont vus parallèlement à la ligne des pôles en 2 et perpendiculairement à cette ligne en 1 (d'après M. Strasburger).

chromatiques qui fixent si énergiquement certaines matières colorantes. Pendant les premières phases de la division, ce filament nucléaire se divise transversalement en un certain nombre de segments qui se recourbent ordinairement en forme d'U (fig. 1). M. Strasburger ne pense pas que le filament nucléaire soit d'abord continu et se segmente ensuite; il a observé que, même lorsque le noyau est à l'état de repos, le filament nucléaire est discontinu et formé d'autant de segments qu'on en compte pendant la division. Cette observation est très difficile à faire, car le filament est ordinairement pelotonné sur lui-même, et il n'est pas aisé de le suivre sur toute la longueur;

(1) Strasburger : *Ueber Kern-und Zelltheilung im Pflanzenreiche*, Iena, 1888.

de plus, les différents segments, tout en restant distincts les uns des autres, ne sont pas toujours séparés ; ordinairement ils sont plus ou moins juxtaposés bout à bout de façon à donner l'illusion d'un filament continu. Pour pouvoir, à un moment donné, voir les segments séparés, M. Strasburger traite ses préparations par l'eau de Javel. Lorsque l'action de ce réactif n'est pas trop prolongée, les segments du filament nucléaire sont séparés les uns des autres sans être eux-mêmes attaqués ; on peut alors facilement les observer et les compter.

En étudiant de nombreuses espèces et de nombreux individus dans chaque espèce, M. Strasburger a constaté que, pour une espèce donnée, le nombre des segments dans le noyau des cellules génératrices était constant ; de plus, dans une même espèce ce nombre est le même dans les cellules mâles et dans les cellules femelles. Ainsi ce nombre est de 12 pour le Lis et l'Hellébore, de 16 pour les Orchidées. Dans la fécondation il y a donc toujours fusion de deux noyaux renfermant le même nombre de segments.

M. Strasburger s'est aussi occupé du rôle des nucléoles ; contrairement à l'opinion émise par M. Went, il pense que les nucléoles se dissolvent pendant la division du noyau et se reforment de nouveau dans les noyaux filles au sein du suc nucléaire. Mais toute la substance des nucléoles du noyau mère n'est pas employée, d'après l'auteur, à former les nucléoles des noyaux filles ; une partie au moins de cette substance contribuerait à former la nouvelle membrane qui doit séparer les deux noyaux filles.

Nous savons déjà depuis plusieurs années que tous les noyaux d'une plante proviennent du noyau unique qui se trouve dans l'œuf. Un nouveau travail de M. Went (1) nous apprend qu'il en est de même des vacuoles. Jamais une vacuole n'apparaît au sein du protoplasma, toujours les vacuoles nouvelles se forment aux dépens de vacuoles déjà existantes. Les vacuoles sont d'ailleurs toujours limitées par une membrane plus ou moins différenciée qui sépare nettement leur contenu du protoplasma environnant.

Le travail de M. Went nous a montré quelle était la structure et le mode de formation des vacuoles ; les recherches de M. Wakker (2) et de M. Werminski (3) nous indiquent le rôle important que ces petits réservoirs d'eau peuvent jouer dans la vie de la plante. Ces deux auteurs ont observé en effet chacun de leur côté que les grains d'aleurone ne sont autre chose que des vacuoles desséchées.

Si l'on observe une cellule de l'albumen du Ricin, par exemple, pendant la formation de la graine, on voit que la vacuole de cette cellule, qui est unique au début, se divise en un grand nombre de vacuoles plus petites ; puis pendant la maturation, lorsque l'eau s'évapore rapidement, les matières albu-

(1) Went : *Die Vermehrung der normalen Vacuolen durch Theilung* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome XIX, p. 299).

(2) Wakker : *Studien über Inhaltskörper der Pflanzenzelle* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome XIX, p. 425).

(3) Werminski : *Ueber die Natur der Aleuronkörner* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, tome VI, p. 199).

minoïdes dissoutes dont M. Wakker a mis la présence très nettement en évidence dans le suc de la vacuole se précipitent et forment les enclaves du grain d'aleurone, cristalloïde et globoïde (1 et 3, fig. 2). D'un autre côté les parois de la vacuole en se desséchant forment les parois du grain d'aleurone.

Pendant la germination de la graine, la même série de phénomènes se reproduit, mais en sens inverse. L'eau arrivant dans la graine, les parois du grain d'aleurone s'humectent et deviennent plus difficiles à voir, le globoïde et le cristalloïde se redissolvent. Les vacuoles ainsi formées par la transformation de grains d'aleurone se réunissent les unes aux autres et ne forment bientôt plus qu'une grande vacuole centrale comme lorsque la graine n'était pas encore mûre.

M. Werminski est même arrivé à réaliser expérimentalement et en quelques heures ce qu'il avait observé pendant la maturation et la germination des

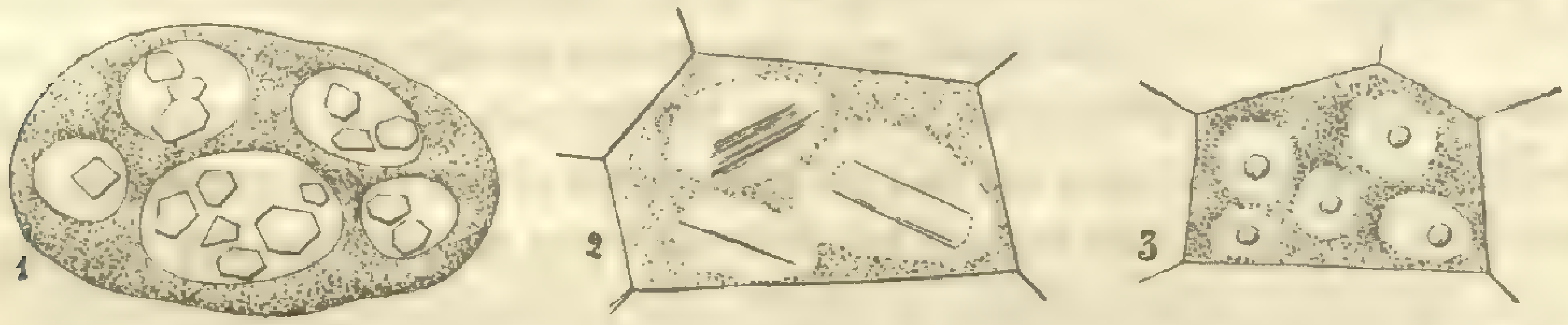


Fig. 2. — 1, cellule de l'albumen du *Ricinus communis*, les vacuoles renferment des cristalloïdes; 2, cellules du fruit de *Scorzonera hispanica*, les vacuoles renferment des cristaux d'oxalate de chaux; 3, cellule du même fruit, les vacuoles renferment des globoïdes (d'après M. Wakker).

graines. Dans l'eau les grains d'aleurone disparaissent comme pendant la germination; dans l'huile de citron, qui est très avide d'eau, ils se reforment comme pendant la maturation.

M. Wakker ne s'est pas borné à observer l'origine des grains d'aleurone, il a aussi étudié le mode de formation d'autres substances qui se trouvent dans la cellule végétale. C'est ainsi qu'il a constaté que les cristaux d'oxalate de chaux (2, fig. 2) apparaissent toujours dans des vacuoles et jamais dans le protoplasma.

Les cristalloïdes albuminoïdes peuvent se former non seulement dans les vacuoles comme dans le cas des grains d'aleurone, mais encore dans le protoplasma et même dans le noyau. Les gouttelettes d'huile, au contraire, apparaissent toujours dans le protoplasma même, tantôt en certaines places d'élection comme chez les Mousses, beaucoup d'Algues et quelques Phanérogames, tantôt un peu partout, comme c'est le cas général dans les graines des Phanérogames.

Les réactions et les propriétés du protoplasma, du noyau et du suc cellulaire, ont fait l'objet d'un long mémoire de M. Frank Schwartz (1). Nous ne suivrons pas l'auteur dans le détail de ses observations et de ses hypothèses, dont quelques-unes sont encore contestées; citons seulement la partie du travail relative aux grains de chlorophylle. Pour M. Schwartz, les corps chlo-

(1) Schwartz : *Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas* (Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 5e vol. p. 1, avec 8 planches).

rophylliens sont formés par une substance protoplasmique incolore. Dans cette substance fondamentale sont disséminées des fibrilles isolées (fig. 3), mais contournées sur elles-mêmes et si difficiles à distinguer les unes des autres qu'on avait cru qu'elles formaient un réseau continu. Les fibrilles seules sont colorées en vert, et encore leur coloration n'est-elle pas uniforme, elles renferment de petits grains dont la coloration verte est particulièrement accentuée. L'acide chlorhydrique gonfle les grains de chlorophylle et en fait sortir la matière colorante sous forme de petites gouttelettes brunes plus ou moins allongées; c'est là cette substance que M. Pringsheim avait appelée hypochlorine, la croyant distincte de la chlorophylle. La conclusion intéressante de cette partie du travail de M. Schwartz est donc que les grains de chlorophylle sont formés par une substance protéique incolore juxtaposée à un pigment coloré en vert. Nous allons voir que ce fait est corroboré d'une façon complète par les résultats d'un important travail sur les matières colorantes des plantes.

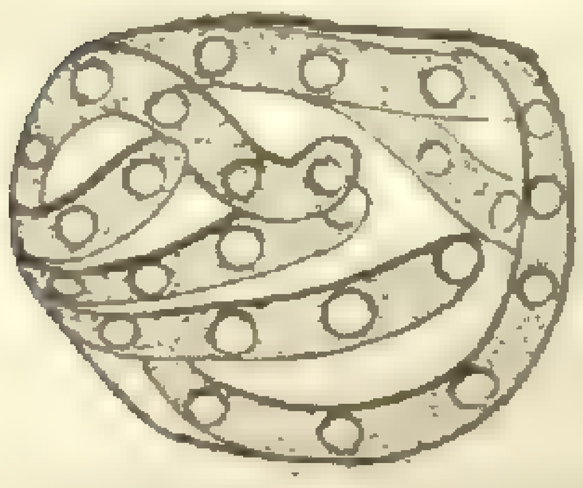


Fig. 3. — Grain de chlorophylle montrant les fibrilles qui portent les granulations vertes (d'après M. Schwartz).

M. Courchet (1) s'est proposé d'étudier les matières colorantes autres que la chlorophylle et qu'on rencontre si fréquemment dans certaines parties des plantes telles que les fleurs et les fruits. Certaines de ces matières, notamment celles qui sont colorées en bleu, se trouvent dans la plante à l'état de dissolution dans le suc cellulaire ; d'autres, au contraire, sont localisées sur de petits corps analogues aux grains de chlorophylle. C'est particulièrement à l'étude de ces corps colorés appelés *chromoleucites* que l'auteur a consacré son travail. D'une façon générale M. Courchet admet qu'un chromoleucite est formé comme un grain de chlorophylle par une matière protéique fondamentale unie à un ou plusieurs pigments.

Citons les cas les plus intéressants étudiés par M. Courchet :

1° La matière protéique est amorphe ainsi que le pigment qu'elle renferme. Le pigment lui-même peut alors revêtir la forme de petits granules qui se massent le plus souvent à la périphérie du chromoleucite (fleurs de Pêcher, d'Abricotier, d'Amandier). Mais le plus souvent, les chromoleucites ne laissent voir, même aux plus forts grossissements, qu'une structure homogène et une coloration uniforme (fleurs de *Crepis*, *Tragopogon*, *Brassica*, *Sinapis* *Spartium*, *Genista*, etc.). Les granules de pigment sont alors sans doute trop petits pour être vus distinctement au microscope.

2° La matière protéique reste amorphe tandis que le pigment revêt une forme cristalline. Le pigment est alors constitué par de très fines aiguilles plongées dans la matière protéique fondamentale. Tel est le cas des bractées colorées de *Strelitzia reginæ* du fruit de *Tamus communis*, de *Lonicera Caprifolium* et de nombreuses Solanées.

3° Le pigment est formé par un cristalloïde accompagné ou non, à l'état

(1) Courchet, *Recherches sur les chromoleucites* (Annales des sciences naturelles, Bot., 7e série ; tome VII, p. 263).

adulte, d'une faible proportion de matière protéique amorphe. Ces cristalloïdes pigmentaires n'avaient été décrits que dans le fruit de la Tomate et la racine de la Carotte; M. Courchet a montré qu'ils existent aussi dans beaucoup d'autres plantes. Dans les fruits du *Cucurbita Pepo* (variété rouge), les cristalloïdes colorés existent en grand nombre; leur forme, des plus singulières, est celle d'un ruban enroulé en hélice et pouvant présenter jusqu'à vingt ou trente tours de spires (4 et 5, fig. 4).

Après avoir décrit la forme et la structure des chromoleucites, M. Courchet en étudie l'origine. Un chromoleucite provient toujours soit d'un leucite incolore, soit d'un grain de chlorophylle. Dans le premier cas le pigment coloré peut apparaître en même temps sur toute la surface du leucite ou bien seulement dans certains points déterminés. Lorsque le chromoleucite provient de la transformation d'un grain de chlorophylle, le pigment n'apparaît le plus souvent que lorsque la chlorophylle a disparu; dans aucun cas le pigment coloré ne provient de la transformation directe de la chlorophylle.

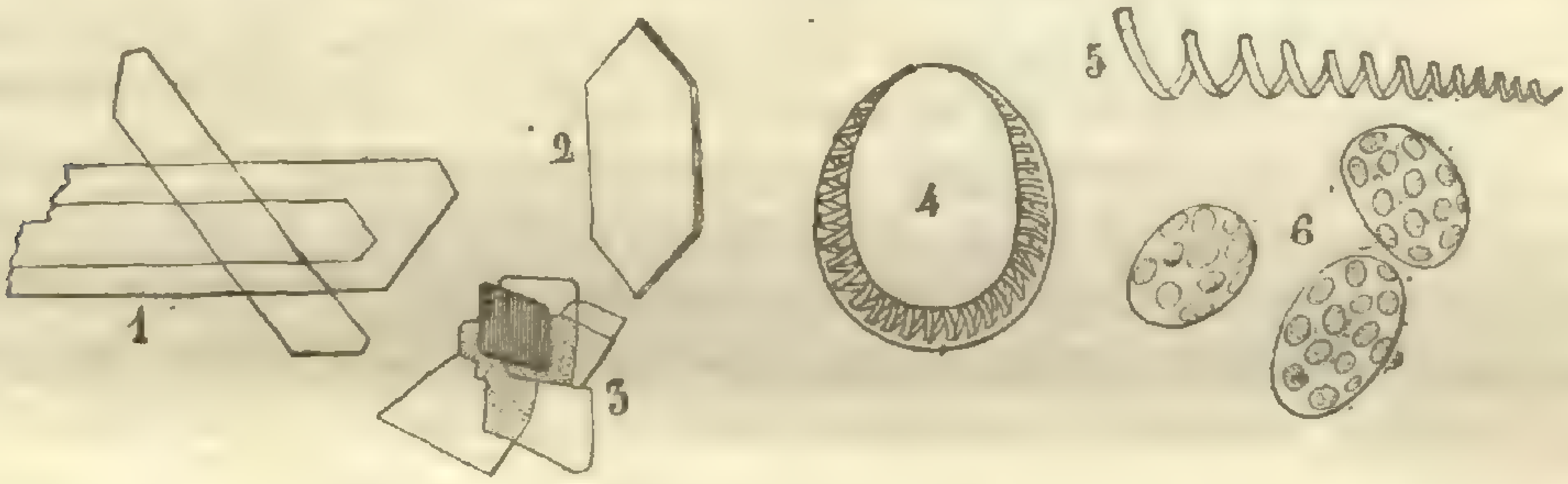


Fig. 4. — 1, cristaux artificiels formés: 1, par le pigment de l'arille de l'*Evonymus japonicus*; 2, par le pigment du *Daucus Carota;* 3, par le pigment des fruits d'*Arum italicum*; 4, chromoleucite du fruit de *Cucurbita Pepo* présentant à sa périphérie un ruban spiralé rouge orange; 5, ruban du leucite précédent, isolé; 6, chromoleucite, du fruit de *Ruscus aculeatus* présentant des grains de pigment jaune (d'après M. Courchet).

La dernière partie du travail de M. Courchet est consacrée à l'étude des propriétés physiques et chimiques des pigments eux-mêmes. D'après ces propriétés ces pigments peuvent être placés dans trois catégories principales:

1° Les *pigments jaunes* qui sont toujours amorphes (6, fig. 4) et ne peuvent cristalliser artificiellement, sont peu solubles dans le chloroforme, l'éther et la benzine, plus solubles dans l'alcool et insolubles dans l'eau. Tous les pigments jaunes paraissent se rapporter à une même espèce chimique, peut-être la xanthine de M. Fremy.

2° Les pigments *jaunes orangés* ou *rouges orangés* se présentent soit sous la forme de granulations amorphes, soit sous la forme de cristaux; ils sont insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, plus solubles encore dans l'éther, le chloroforme et la benzine.

La propriété la plus intéressante de ces pigments colorés est de pouvoir cristalliser artificiellement. En laissant évaporer des dissolutions faites dans des conditions convenables, M. Courchet a obtenu à l'état cristallisé les pigments de nombreuses espèces telles que le *Narcissus poeticus*, le *Cucumis Melo*, le *Lycopersicum esculentum*, le *Passiflora cærulea*, l'*Evonymus japonicus* (1, fig. 4),

le *Daucus Carota* (2, fig. 4), l'*Arum italicum* (3, fig. 4). Ces cristaux ont généralement la forme de plaques plus ou moins rhomboïdales. Une étude de ces cristaux faite au point de vue spécial des formes cristallines aurait certainement fourni à M. Courchet de précieuses indications relativement au nombre des espèces chimiques auxquelles on doit rapporter ces pigments.

3° Certains pigments jaunes qui, comme les pigments bleus, sont en dissolution dans le suc cellulaire, diffèrent d'une façon très nette par leurs réactions chimiques des pigments renfermés dans les chromoleucites ; quelques-uns seulement peuvent cristalliser (*Escholtzia californica*, *Linaria lutea*). D'une façon générale on peut distinguer les pigments dissous des pigments figurés, parce qu'ils ne bleuissent jamais par l'acide sulfurique concentré.

Dans le travail qui a été analysé au commencement de cet article, M. Strasburger cite de nouvelles observations confirmant l'idée qu'au début la membrane cellulaire est formée directement par les granulations du protoplasma qui se juxtaposent et se soudent entre elles. Mais la membrane une fois formée, comment s'accroît-elle ? Est-ce par apposition, c'est-à-dire par la juxtaposition de nouvelles parties sur les anciennes ou bien par intussusception, c'est-à-dire par l'introduction de matériaux nouveaux au sein même de la membrane formée? Dans les cas qu'il a étudiés, c'est-à-dire surtout les fibres libériennes des Euphorbiacées et des Apocynées, M. Krabbe (1) pense qu'aucune de ces deux explications n'est suffisante. Les parois des jeunes fibres, d'abord minces, s'épaississent subitement par une nouvelle couche de matière qui vient s'appliquer contre leur face interne. Cette nouvelle couche formée directement par le protoplasma se transforme et acquiert peu à peu les propriétés de la cellulose. Une fois constituées et différenciées, les nouvelles portions de la membrane peuvent s'accroître pendant un certain temps par intussusception et acquièrent des stries caractéristiques. Plusieurs couches peuvent ainsi se former successivement, et de toutes pièces aux dépens du protoplasma. Il n'y a donc pas à proprement parler apposition, mais transformation directe du protoplasma en une couche de cellulose.

LECLERC DU SABLON.

(1) Krabbe : *Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur und des Wachsthums vegetabilischer Zellhäute* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome XVIII, p. 346).

(*A suivre.*)

INFLUENCE

DES

AGENTS EXTÉRIEURS

SUR

L'ORGANISATION POLAIRE ET DORSIVENTRALE DES PLANTES

Par M. L. KOLDERUP ROSENVINGE

INTRODUCTION

L'étude de l'influence qu'exercent les agents extérieurs sur les caractères morphologiques des plantes a été poursuivie par plusieurs auteurs pendant ces dernières années. D'une part, on a démontré que la forme et la structure anatomique des organes dépendent plus ou moins des conditions extérieures. D'autre part, on a étudié les relations qui existent entre la direction de la lumière ou de la pesanteur et la formation ou le développement des organes, et l'on a obtenu par ces recherches des résultats importants (1).

On sait que les tiges et les racines sont douées d'une organisation polaire qui se manifeste le plus nettement dans la régénération des parties isolées, les bourgeons se formant de préférence à l'une des extrémités, les racines à l'autre extrémité.

(1) J'ai traité le même sujet dans un mémoire danois, intitulé *Undersögelser over ydre Faktorers Indflydelse paa Organdannelsen hos Planterne*, qui paraîtra dans les *Videnskabelige Meddelelser fra den naturhist. Forening. i Kjöbenhavn*. Voir aussi le travail qui a été publié à part, en 1888, sous le même titre.

M. Vœchting (1), par exemple, a démontré par une série d'expériences faites avec divers Phanérogames, que la polarité de ces plantes se manifeste indépendamment des agents extérieurs, c'est-à-dire qu'elle est due à des causes intrinsèques. La pesanteur et la lumière, pourtant, n'étaient pas sans influence dans ses expériences ; ainsi, les bourgeons se formaient de préférence dans la partie tournée vers le zénith ou vers la lumière, et les racines se formaient dans la partie opposée. Si l'on faisait agir ces causes extérieures en sens opposé à leur sens ordinaire, elles pouvaient donc réagir contre la polarité ; mais un renversement complet de la polarité n'a jamais été obtenu dans les expériences de M. Vœchting.

On sait que M. Sachs (2) a démontré que la pesanteur exerce une influence considérable sur la formation des organes chez quelques Phanérogames, mais il semble que l'influence des agents extérieurs est surtout prédominante chez les végétaux d'une organisation plus simple. M. Noll (3) a obtenu un véritable renversement de la polarité dans le *Bryopsis muscosa* quand cette plante était dans une position inverse de sa position normale.

D'après ces résultats, on pourrait penser que les agents extérieurs ont une très grande influence sur la polarité des plantes, dans la germination de certaines spores et aussi, lorsque la polarité n'apparaît qu'à un certain moment du développement, dans des organes qui n'avaient pas auparavant une organisation polaire ; en effet, on a dans quelques cas obtenu des résultats positifs.

M. Stahl a examiné la germination des *Equisetum* (4), et il a trouvé que, si la germination se produit à la lumière, la première cloison est perpendiculaire à la direction de la lu-

(1) H. Vœchting : *Ueber Organbildung im Pflanzenreich* I, II. Bonn, 1878 et 1884.

(2) Sachs : *Stoff und Form der Pflanzenorgane* I, II (Arbeiten d. bot. Instituts in Würzburg, II, 1880 et 1882).

(3) F. Noll : Botanische Zeitung 1887, n° 30 et *Ueber den Einfluss der Lage auf die morphologische Ausbildung einiger Siphoneen* (Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg III, Heft IV, 1888).

(4) Stahl : *Einfluss der Beleuchtungsrichtung auf die Theilung der Equisetumsporen* (Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch. III, 1885, p. 334).

mière. Cette cloison divise la spore en deux cellules de grandeur inégale : la plus grande étant tournée vers la lumière devient le prothalle, tandis que l'autre produit un rhizoïde. La lumière, pourtant, n'est pas nécessaire pour la germination ; car dans l'obscurité les spores germent normalement sans rapport avec la direction de la pesanteur.

Lorsque l'embryon se développe dans l'archégone du *Marsilia*, la pesanteur a, dans certaines conditions, une influence sur la formation des organes d'après Leitgeb (1) et Sadebeck (2).

D'après M. Kny qui a fait des expériences avec des grains de pollen (3), la lumière, la pesanteur et le contact avec un corps solide n'ont pas d'influence sur l'endroit où se forme le tube pollinique, mais ce savant a observé que, si plusieurs grains se trouvaient serrés les uns contre les autres, les tubes polliniques se formaient ordinairement du côté libre qui n'était pas au voisinage des autres grains. M. Kny suppose que cela a été causé par la quantité d'oxygène ou d'éléments nutritifs qui a été plus grande du côté extérieur que des côtés voisins des autres grains.

Les exemples étudiés étant peu nombreux et ayant donné des résultats différents, il ne serait pas sans intérêt d'étendre les recherches à d'autres objets ; c'est ce que j'ai fait en étudiant la germination des Fucacées qui m'ont paru se prêter favorablement à ce genre d'études. Je communiquerai les résultats de mes recherches dans la première partie du présent travail.

L'organisation dorsiventrale des plantes présente, en général, beaucoup d'analogies avec la polarité. Dans un certain

(1) Leitgeb : *Zur Embryologie der Farne* (Sitzungsber. d. Wiener Akad. (t. LXXVII, 1878).

(2) Sadebeck : *Kritische Aphorismen über die Entwickl. d. höheren Kryptogamen*, et dans Schenk, Handbuch d. Botanik I, p. 21. — Pour les Polypodiacées M. Heinricher a trouvé que ni la lumière ni la pesanteur n'ont d'influence sur la formation des archégones. [Heinricher, *Beeinflusst das Licht die Organanlage am Farnembryo?* (Mittheilungen aus dem Botan. Institute zu Graz, zweites Heft, Iena, 1888).]

(3) Verhandlungen d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg (23 Jahrgang 1881, p. 7).

nombre de cas, elle est produite par l'influence de la pesanteur ou de la lumière, et elle peut être renversée par l'action en sens inverse de la cause qui l'a produite. Des exemples nous sont fournis par les branches latérales des *Taxus*, *Abies*, *Thuja* et d'autres Conifères (1), les branches végétatives du Lierre (2), les racines de certaines Orchidées (3), les prothalles des Fougères (4), les rhizomes des *Caulerpa* (5), certaines fleurs zygomorphes (6), etc.

Dans d'autres cas l'organisation dorsiventrale, une fois établie, ne peut être renversée (7). Pour plusieurs plantes dont les pousses sont ainsi organisées d'une manière irrévocable, on sait que la disposition dorsiventrale des rameaux latéraux est déterminée seulement par des causes internes, qu'elle dépend de l'orientation du rameau par rapport à l'axe qui l'a produit, mais on ne connaît guère le sort de l'axe primaire ; on ne sait pas toujours s'il devient dorsiventral, et lorsque cette organisation se présente, on ne sait pas si elle peut être déterminée par l'influence du milieu extérieur, ou si l'axe primaire est dorsiventral avant la germination. C'est seulement pour le *Marchantia* et pour quelques autres Hépatiques, présentant une organisation dorsiventrale irrévocable, qu'on a démontré que cette organisation peut être déterminée par la lumière (8).

J'exposerai dans la deuxième partie de ce travail une série d'expériences faites sur les organes dorsiventraux, surtout avec

(1) Frank : *Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen*, 1870, p. 22, et Jahrbücher f. wiss. Botanik, t. IX, p. 147.

(2) Sachs : Arbeit. d. bot. Inst. Würzburg, II, p. 257.

(3) Janczewski, *Organisation dorsiventrale dans les racines des Orchidées* (Annales des sciences naturelles, Bot., 7e série, t. II, p. 55).

(4) Leitgeb : *Studien über Entwicklung der Farne* (Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXXX, 1879).

(5) Noll, Arbeit. d. bot. Inst. Würzburg III, Heft IV, 1888, p. 473.

(6) Voechting : *Ueber Zygomorphie und deren Ursachen* (Pringsheim, Jahrbücher XVII, 1886, p. 297).

(7) Voir Frank : *Die natürl. wager. Richt.*, etc., p. 30 ; Wiesner : *Einfluss der Erdschwere auf Grössen und Formverhältn. d. Blätter* (Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 58, I p. 382) ; Pfeffer : *Studien über Symmetrie*, etc. (Arbeit. Würzburg. I, 1871 p. 88).

(8) Mirbel : *Recherches anat. et physiol. sur le Marchantia polymorpha* (Annales du Muséum, 3e série, t. Ier, 1835, p. 107) ; Pfeffer : *loc. cit.* ; Leitgeb : *Die Keimung der Lebermoossporen*, etc. (Sitzungsber. d. Wiener Akad., t. LXXIV, 1877, p. 432.)

des plantes dont l'axe primaire offre une organisation dorsiventrale irrévocable.

PREMIÈRE PARTIE

DÉTERMINATION DE LA POLARITÉ PAR LES INFLUENCES EXTÉRIEURES.

I. — Germination des Fucacées.

Les œufs des Fucacées sont particulièrement favorables à ces recherches en raison de la facilité avec laquelle on les cultive, de leur grandeur relativement considérable et de leur forme. Au moment de la fécondation, ils sont parfaitement sphériques et d'une structure concentrique. Ils germent aussitôt après l'imprégnation, se divisent par une cloison et développent un rhizoïde ou un faisceau de rhizoïdes (*Pelvetia*) qui part ordinairement de l'un des pôles, la première cloison étant considérée comme équatoriale (1). Les œufs fécondés se fixent au substratum et ils gardent ainsi la même position pendant les premiers stades de la germination.

J'ai fait un certain nombre d'expériences, relatives à plusieurs Fucacées, sur les côtes de la France (Cherbourg, novembre et décembre 1887) et de la Norvège (juillet et août 1885), pour examiner si la lumière ou d'autres agents extérieurs ont une influence sur l'orientation de l'axe de la plantule. Je parlerai d'abord de trois espèces qui ont donné des résultats conformes.

1° *Expériences faites sur les Ascophyllum nodosum, Fucus vesiculosus et Fucus spiralis* (2).

Les cultures de ces espèces ont été faites dans des verres de

(1) Pour la germination des Fucacées voir l'ouvrage classique de Thuret : *Recherches sur la fécondation des Fucacées* (Annales des scienc. nat., 4e sér., t. II, 1855), ainsi que Thuret et Bornet : *Études phycologiques*. Paris, 1878, pl. xi à xxiii.

(2) Cette espèce que j'ai étudiée en Norvège est probablement synonyme du *F. platycarpus* Thur. (Comp. Thuret, *Études phyc.*, p. 80).

montre plus ou moins remplis d'eau de mer, ou dans des gouttes d'eau sur des porte-objets, ou encore dans des gouttes suspendues au-dessous de couvre-objets dans des chambres humides.

Première série d'expériences. — Un nombre considérable de cultures sur des porte-objets ou dans des verres de montre ont été placées près d'une fenêtre, de telle sorte qu'elles fussent éclairées d'un seul côté. Dans quelques cultures d'*Ascophyllum nodosum*, j'ai constaté que la première cloison de presque tous les œufs

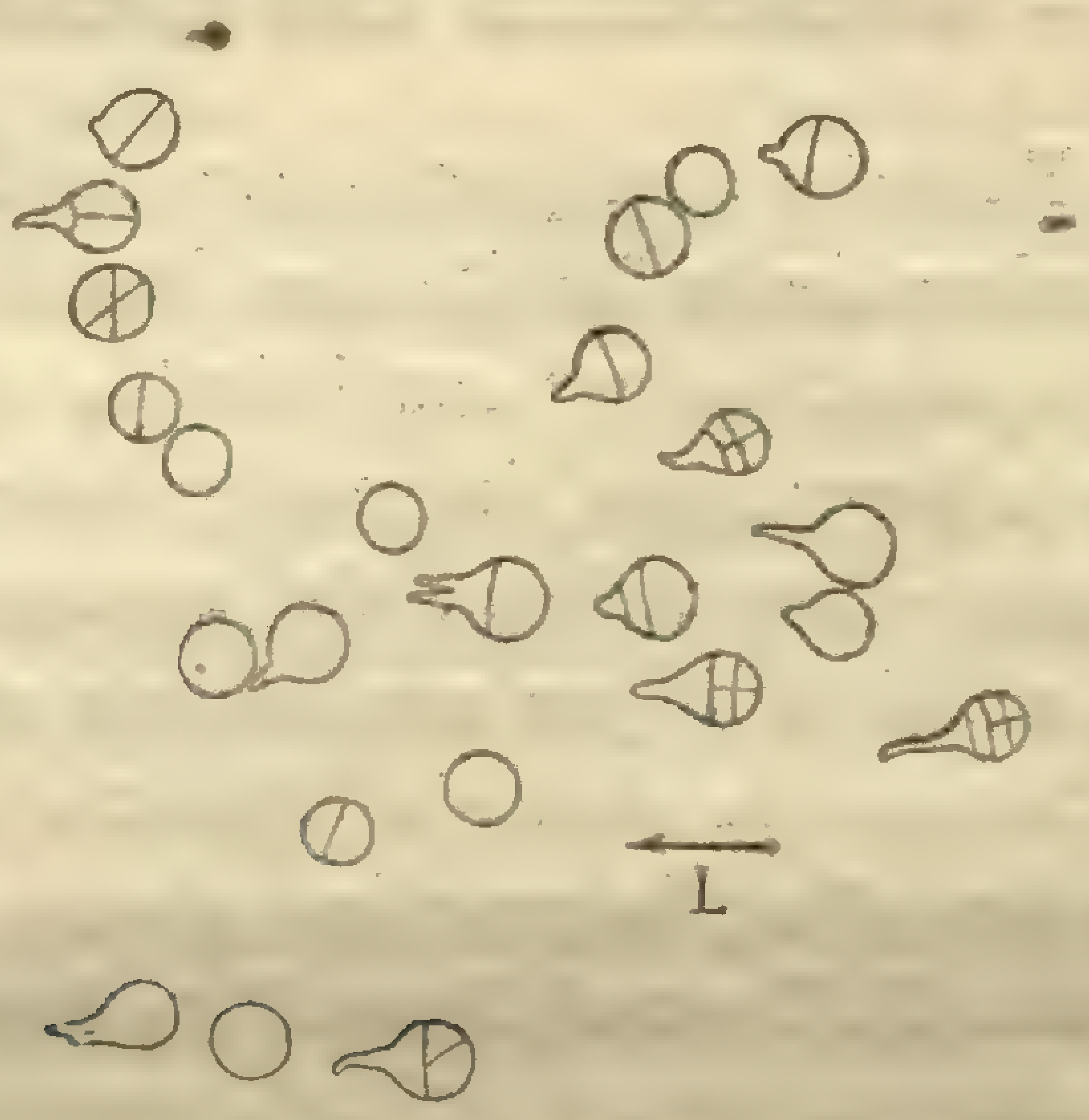


Fig. 5. *Ascophyllum nodosum.* — Partie d'une culture sur un porte-objet, éclairée d'un seul côté. La flèche indique la direction de la lumière. Dans quelques plantules on n'a pas dessiné de cloisons, ou parce qu'elles faisaient défaut ou encore parce qu'elles n'étaient pas bien distinctes. On voit que la première cloison est presque toujours à peu près perpendiculaire à la direction de la lumière. Les rhizoïdes partent tous du côté de l'ombre. (Grossissement 52 : 1.)

était perpendiculaire aux rayons incidents de la lumière (fig. 5). Dans d'autres cultures, pourtant, l'orientation de la première cloison était variable et ne montrait pas de relation avec la lumière.

La figure 5 fait voir que tous les rhizoïdes partent du côté de l'ombre et presque tous du point le moins éclairé. Le même phénomène s'observait dans plusieurs cultures avec les trois espèces. Dans la plupart des cultures pourtant, la lumière, il est vrai, a déterminé la formation des rhizoïdes pour la plus grande partie des œufs, mais un certain nombre d'œufs ont germé indépendamment de la direction de la lumière. Plusieurs de ces

cultures nous ont montré que les premiers œufs qui germaient formaient leurs rhizoïdes indépendamment de la lumière, tandis que les œufs qui germaient plus tardivement produisaient leurs rhizoïdes du côté le moins éclairé. Quelques cultures enfin ont évolué de telle sorte que les rhizoïdes se développaient dans toutes les directions indifféremment.

Ces expériences font voir que la lumière peut déterminer l'orientation de la première cloison et du rhizoïde. Le point végétatif se formant du côté opposé au rhizoïde, il s'ensuit que la lumière est capable de déterminer la polarité de la plantule ; mais les expériences nous montrent aussi que la lumière n'a pas toujours cette faculté. Dans les expériences suivantes, nous examinerons si d'autres agents extérieurs peuvent déterminer la polarité.

Quelquefois les trois ou huit œufs provenant d'un oogone n'étaient pas séparés, mais réunis par la membrane gélifiée de l'oogone ; les rhizoïdes partaient alors presque toujours du côté tourné vers l'intérieur du groupe formé par les œufs. Le même phénomène se produit lorsque les œufs se trouvent par hasard accumulés. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

Deuxième série d'expériences. — Des cultures dans des verres de montre ou sur des porte-objets, placées à l'obscurité complète, montrent que la lumière n'est pas nécessaire pour la germination. Dans l'obscurité, les œufs germent régulièrement et les rhizoïdes partent indifféremment dans toutes les directions. Dans quelques cultures pourtant, j'ai constaté que les rhizoïdes partaient tous de la moitié inférieure des œufs. Si les œufs étaient disposés en petits groupes, les rhizoïdes partaient toujours, dans les œufs périphériques, du côté tourné vers les autres œufs.

Troisième série d'expériences. — Lorsque les cultures sont faites dans des verres de montre, éclairés seulement par en bas et recouverts d'un autre verre de montre tapissé avec du papier noir, les rhizoïdes ne se développent pas du côté supérieur qui est le moins éclairé, ainsi qu'on aurait dû s'y attendre d'après

le expériences de la première série ; presque tous naissent, au contraire, du côté inférieur. Ces expériences révèlent ainsi une influence agissant en sens inverse de la lumière, cette influence est sans doute la même que celle constatée dans les cultures faites à l'obscurité (deuxième série d'expériences). Les expériences qui suivent ont permis de décider à quel agent extérieur il faut attribuer cet effet.

Quatrième série d'expériences. — Quatre cultures d'*Ascophyllum* dans des gouttes suspendues au plafond de chambres humides ont été éclairées à peu près horizontalement et d'un seul côté : trois d'entre elles ont montré les rhizoïdes partant du point le moins éclairé, si les œufs étaient épars. Dans la quatrième culture, au contraire, les rhizoïdes partaient dans diverses directions ; dans les œufs qui se trouvaient au fond de la goutte pourtant ils partaient tous du côté supérieur. Le même résultat fut obtenu pour deux cultures placées à l'obscurité.

Dans deux cultures faites en chambres humides avec le *Fucus spiralis*, placées à l'obscurité, la plupart des œufs se trouvaient au fond de la goutte où ils étaient très serrés. Les rhizoïdes partaient ici à peu près horizontalement, dans les œufs périphériques, ils partaient toujours du côté tourné vers les autres œufs. Dans l'une des cultures quelques œufs adhéraient à la lame de verre ; les rhizoïdes s'y développèrent obliquement du côté supérieur, tourné vers la lame.

Dans ce dernier cas, où les rhizoïdes se sont formés du côté tourné vers la lame, la pesanteur n'a eu aucune influence sur la production des rhizoïdes, mais l'effet doit être attribué soit au contact avec la lame, soit à ce que la face supérieure qui a touché la lame était dans un milieu moins riche en oxygène que l'autre. Dans les cultures avec l'*Ascophyllum*, où les œufs formaient les rhizoïdes du côté supérieur, même quand ils se trouvaient au fond de la goutte suspendue, le résultat ne peut être attribué qu'au voisinage de la surface qui a fourni une provision plus grande d'oxygène au côté inférieur. La polarité des œufs en germination peut donc être déterminée par une diffé-

rence dans l'aération de l'eau aux divers points de la surface des œufs; *les rhizoïdes se forment du côté le moins aéré, le sommet végétatif du thalle se produit du côté opposé.*

Cette sensibilité des œufs pour l'oxygène nous fait comprendre pourquoi les œufs se trouvant à la périphérie de petits groupes produisent toujours les rhizoïdes du côté tourné vers les autres œufs, l'eau qui se trouve entre les œufs étant moins riche en oxygène que l'eau ambiante, à cause de la respiration.

Cependant, comme le même phénomène se produisait dans les cultures éclairées, on pourrait objecter que les œufs doivent être capables d'assimiler puisqu'ils contiennent des chromatophores, et qu'alors il devait en résulter l'effet contraire. Mais on ne sait pas si les chromatophores sont capables d'assimiler aussitôt après la fécondation, et même, si cela était, il n'est pas invraisemblable que la respiration prévaut sur l'assimilation pendant les premiers stades de la germination, car il est bien connu pour d'autres plantes que la respiration est particulièrement intense pendant la germination.

D'ailleurs, en admettant même que les œufs soient capables d'assimiler en quantité considérable immédiatement après la fécondation, il ne s'ensuivrait pas pour cela que la quantité d'oxygène soit plus grande entre les œufs dans un groupe qu'à sa périphérie. En effet, un œuf se trouvant à la périphérie d'un groupe absorbera une quantité plus grande d'acide carbonique par sa face libre extérieure que par la face tournée vers les autres œufs, et par suite il dégagera aussi plus d'oxygène par sa face tournée vers l'extérieur.

On pourrait expliquer aussi, par cette influence de l'oxygène, pourquoi les œufs que les cultures renfermaient, dans la deuxième et la troisième série d'expériences, formaient surtout des rhizoïdes du côté inférieur; mais il faut remarquer que cela pouvait être dû aussi à l'influence de la pesanteur ou du contact avec le verre. Pour élucider ce point j'ai fait encore les expériences suivantes.

Cinquième série d'expériences. — Des œufs du *Fucus spiralis*

récemment fécondés ont été placés dans un peu d'eau de mer sur deux porte-objets, puis l'eau fut lentement enlevée, les porte-objets furent placés avec précaution verticalement dans un verre rempli d'eau de mer, de telle sorte que les œufs continuèrent à y adhérer.

Dans la germination qui s'opérait à l'obscurité on ne put remarquer aucune influence de la pesanteur ; les rhizoïdes partaient aussi bien du côté supérieur que du côté inférieur des œufs. La plaque de verre non plus n'avait exercé aucune influence sur la germination, les rhizoïdes partaient aussi bien du côté extérieur que du côté tourné vers la plaque.

Il s'ensuit que le contact avec un corps solide n'a aucune influence sur la formation des rhizoïdes. Le fait que la plaque n'a pas non plus agi indirectement par l'intermédiaire de la respiration des œufs sur la formation des rhizoïdes s'explique parce que la distance des œufs de la surface de l'eau était bien plus grande (quelques centimètres) que dans les expériences des trois séries précédentes (quelques millimètres), et par conséquent la différence dans l'aération des divers côtés des œufs se trouvait bien moins considérable.

(*A suivre.*)

DÉVELOPPEMENT ET CONSTITUTION

DES ANTHÉROZOÏDES

Par M. Léon GUIGNARD

(*Suite.*)

(Planches 3 et 4)

II

MUSCINÉES

Le développement des anthérozoïdes, chez les Muscinées, présente un certain nombre de variations, qui n'ont au fond qu'une minime importance. Soit que l'on compare entre elles les Hépatiques et les Mousses, soit que l'on considère seulement l'une de ces deux classes en particulier, l'analogie est frappante dans la métamorphose du noyau. Les différences ne portent guère que sur les dimensions du corps et la longueur des cils : elles se rencontrent d'ailleurs aussi bien chez les Hépatiques frondacées ou foliacées que dans les divers groupes des Mousses. Quelques exemples suffiront à en donner un aperçu.

Parmi les Hépatiques, le *Pellia epiphylla* est une des espèces qui se prêtent le mieux à l'observation, en raison surtout de la grosseur relative des cellules mères d'anthérozoïdes. L'étude est d'ailleurs presque aussi facile avec le *Fossombronia pusilla*, qui a permis à Schmidel de découvrir, en 1747, les mouvements des anthérozoïdes. Dans le *Pellia*, les ramifications de la fronde fertile portent des anthéridies à tous les états de développement,

et dont la présence, dans le parenchyme, se révèle par de petits mamelons visibles à l'œil nu.

Les matériaux recueillis, deux années de suite, dans des stations diverses, ont été traités par les méthodes de fixation indiquées à propos des *Chara*. Le liquide de Flemming, surtout, réussit bien pour l'étude de tous les points qui nous intéressent; l'alcool absolu suffirait même à lui seul, dans le cas actuel, pour suivre dès l'origine le développement des cils, tandis qu'il ne convient plus pour beaucoup d'autres Muscinées. Aux procédés de double coloration simultanée ou successive, j'ai ajouté l'emploi de l'éosine hématoxylique et des ferments digestifs.

Après la formation des cellules mères d'anthérozoïdes, le contenu de l'anthéridie se laisse très facilement désagréger. Les cellules ont une forme discoïde, avec un côté plat et l'autre un peu convexe ; ordinairement elles restent unies deux à deux par leur face plane (planche 3, fig. 1 et 2). Le contenu s'est séparé de la membrane ; le protoplasme renferme un noyau relativement volumineux, qui se porte bientôt sur le côté et prend une forme ovoïde (fig. 3 et 4). On n'y aperçoit pas de nucléole nettement distinct, par sa taille ou ses réactions, des granulations chromatiques plus ou moins grosses qui s'y rencontrent avant les premières phases du développement de l'anthérozoïde.

Si l'on observe une cellule mère par une de ses larges faces, au moment où le développement va commencer, on voit le noyau ovoïde devenir réniforme (fig. 5). Du côté externe, il est recouvert par une mince couche de protoplasme hyalin, qui se différenciera à l'opposé sur la masse protoplasmique granuleuse qui recouvre la face interne du noyau. La différenciation de cette couche, sur toute la périphérie, commence au moment où l'une des extrémités du noyau s'allonge en une pointe, qui représente l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde, qu'on peut déjà distinguer à gauche dans la figure 5. En se reportant à la description du premier stade du développement dans le *Chara*, on reconnaît de suite, chez le *Pellia*, la bande protoplasmique qui fournira les cils. On remarque, d'autre part, que dans le cas actuel le noyau ne se comporte pas de la même

façon que chez les Characées. En effet, au lieu de produire, du côté externe, et sans changer d'abord d'aspect, une bande faisant saillie en forme de bec, il s'allonge tout entier dès le début, et, par le fait même de cet allongement, les changements internes dont il est le siège se manifestent plus tôt, les granulations chromatiques diminuent plus rapidement de volume. Suivons-le d'abord dans sa métamorphose, en laissant les cils de côté pour un instant.

Tandis que l'extrémité antérieure devient de plus en plus aiguë, l'extrémité postérieure reste obtuse. La forme en croissant se dessine et s'accentue, accompagnée d'un aplatissement assez marqué. La courbure en direction spiralée ne tarde pas à devenir évidente, avant même que les deux extrémités du corps ne se rejoignent, et c'est l'antérieure qui s'accroît le plus vite (fig. 6 à 12). Puis elles se juxtaposent de façon que l'antérieure, plus mince, se trouve, en projection sur un plan, située en dehors de la postérieure (fig. 13 et 14). Les choses se passent donc, à ce point de vue, comme chez le *Chara;* la différence consiste, à ce stade, dans l'absence, chez le *Pellia*, de l'épaississement formé par le noyau entre les deux parties opposées du corps.

Au début, l'extrémité antérieure se colore moins vivement par les réactifs de la nucléine que le reste du corps, et la cause nous en est connue. On ne la distingue pas moins très nettement du protoplasme, bien que cette première phase du développement demande une grande attention.

Les granulations protoplasmiques s'accumulent surtout au contact du noyau en voie d'allongement; elles ne contiennent pas d'amidon. Après la formation du premier tour de spire, l'extrémité antérieure du corps s'isole du protoplasme, qui continue à former, à la face interne de la partie médiane et de la postérieure, et plus tard au contact de cette dernière seulement, un revêtement granuleux. En comprimant légèrement l'anthérozoïde, afin d'écarter les tours de spire, on aperçoit le reste du protoplasme de la cellule mère dans la boucle formée par la partie caudale (fig. 15 à 17).

L'anthérozoïde adulte comprend toujours plus de trois tours

de spire, rarement quatre tours complets; la spirale est très surbaissée. Les cellules mères sont encore, pour la plupart, réunies par deux, comme au début; dans chacune d'elles, c'est ordinairement l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde qui est située au voisinage de la cloison qui les sépare; le premier tour de spire, plus large que les autres qui vont en diminuant, occupe ainsi le plus grand espace dans la cellule mère.

Ordinairement, après sa mise en liberté, l'anthérozoïde possède encore, à sa partie postérieure, un faible résidu protoplasmique, sans amidon, et dont les granulations les plus grosses sont soudées à la face interne (fig. 19 et 20); souvent aussi, la résorption a été presque complète et il n'y a pas de vésicule postérieure. Comme dans le *Chara*, l'extrémité caudale se colore moins par les réactifs de la nucléine; le reste du corps semble homogène. Même avec les plus forts grossissements et les réactifs les mieux appropriés, il est très difficile de reconnaître à la surface du corps une membrane d'enveloppe, dont l'existence est pourtant vraisemblable.

Pendant sa rotation, l'anthérozoïde prend des aspects divers; la spirale s'étire, surtout vers la fin de son mouvement; la vésicule, quand elle existait, se gonfle en absorbant l'eau et finalement disparaît. Fixé par l'acide osmique, préférable à l'iode pour conserver la forme, l'anthérozoïde offre alors l'aspect représenté dans la figure 21.

Revenons maintenant à l'origine des cils. On a vu que, dès le premier stade de l'allongement du noyau, la couche protoplasmique, qui en recouvre la face dorsale, part de l'extrémité antérieure pour dépasser presque aussitôt l'extrémité opposée, en se continuant sur tout le protoplasme granuleux. Pour apercevoir la formation des cils, il faut que le noyau se présente obliquement, comme dans la figure 8. On peut alors distinguer à la surface, des stries qui font le tour du noyau et du protoplasme sous-jacent : ce sont les deux cils qui se montrent d'abord comme des lignes granuleuses et qui s'allongent avec une rapidité très grande. En observant le contenu cellulaire par l'une de ses faces planes, on ne peut évidemment en constater la for-

mation que si l'on parvient à les rompre et à les séparer de la surface du noyau et du protoplasme, ce qui n'est pas du tout facile au début ; en tout cas, on voit nettement la couche protoplasmique hyaline qui part de l'extrémité antérieure du corps (fig. 5 à 13). Plus tard, la séparation des cils, devenus plus résistants et homogènes, s'obtient sans grande difficulté ; on arrive même à les isoler sur toute leur longueur longtemps avant que l'anthérozoïde n'ait atteint son développement complet (fig. 15 et 16). Les cils s'écartent peu du corps, tant que ce dernier est renfermé dans sa cellule mère. En allongeant la spirale, on peut les suivre dans leurs contours jusqu'à l'extrémité postérieure, qu'ils dépassent à peine (fig. 19). Leur longueur est sensiblement la même que celle du corps.

On peut se demander pour quelle raison chez le *Pellia*, comme ailleurs, ces organes, qui ne serviront à l'anthérozoïde qu'au moment de sa mise en liberté, se différencient de si bonne heure et avec une si grande rapidité dans toute leur longueur. La raison en paraît facile à comprendre, si l'on veut bien remarquer que l'extrémité antérieure du corps, sur laquelle ils sont insérés, offre un allongement prédominant par rapport à l'extrémité opposée. Or, pour qu'elle entraîne les cils avec elle, dans son accroissement en spirale, il faut nécessairement qu'ils atteignent dès le début leur longueur définitive.

Plusieurs auteurs, et en particulier Hofmeister, Thuret, Schacht, ont étudié jadis la formation des anthérozoïdes du *Pellia* ; mais leurs observations ne pouvaient atteindre au degré de précision qu'on est en droit d'exiger aujourd'hui. Récemment, M. Buchtien en a donné des figures qui manquent sur plusieurs points d'exactitude, surtout en ce qui concerne les cils. Beaucoup plus insuffisante encore est la description de M. Douglas H. Campbell, aux yeux duquel cependant le *Pellia* est un des meilleurs objets d'étude. On peut s'étonner que longtemps après les observations de Thuret, si remarquables pour l'époque, ce botaniste admette, par exemple, que l'anthérozoïde adulte ne forme qu'un peu plus d'un tour de spire (1). Il avoue d'ailleurs

(1) *Loc. cit.*, p. 124, pl. VI.

que la signification de certains faits, tels que l'élimination d'une partie de la masse nucléaire pendant la formation de l'anthérozoïde, lui échappe complètement. Je n'ai jamais vu semblable élimination, ni chez le *Pellia* ni ailleurs.

Le mode de développement qui vient d'être décrit se retrouve dans les autres Hépatiques que j'ai pu examiner. Ainsi que je l'ai fait remarquer, c'est dans la longueur du corps et des cils que résident les différences les plus saillantes.

A cet égard, l'*Anthoceros lævis* fournit l'exemple d'un type extrême, en quelque sorte, par rapport au *Pellia*. Les cellules mères d'anthérozoïdes y sont fort petites ; cependant, malgré cette condition défavorable pour l'observation, on peut constater que le noyau évolue de la même façon que précédemment (fig. 22 à 34).

Ces cellules ont la forme de prismes rectangulaires et restent soudées entre elles jusqu'à la maturité de l'anthérozoïde (fig. 22 et 23). Quand le développement de ce dernier va commencer, leur contenu offre l'aspect d'une lentille biconvexe, lorsqu'on l'observe par l'une des petites faces du prisme (fig. 24). Après s'être porté sur le côté, le noyau s'allonge et produit d'abord l'extrémité antérieure du corps, qui prend un accroissement prédominant par rapport à l'extrémité opposée (fig. 25 et 28). Entre ces deux parties, on remarque, pendant un temps très court, un renflement formé par le noyau, qui rappelle jusqu'à un certain point ce qui se passe chez le *Chara*. La marche ultérieure du développement a lieu comme chez le *Pellia ;* mais ici l'anthérozoïde adulte n'a plus qu'un tour de spire et demi (fig. 29 à 34).

La couche protoplasmique hyaline qui doit fournir les cils se comporte de la façon déjà connue ; mais, en raison même de la forme lenticulaire du contenu de la cellule mère, elle apparaît au début comme un anneau étroit et brillant, relativement plus épais que dans le *Pellia*, parce que la longueur des cils dépassera celle du corps.

Dans le *Marchantia*, le *Fegatella*, etc., les caractères sont les mêmes; le corps de l'anthérozoïde est également très court.

tandis que les cils sont au moins une fois plus longs que lui.

Parmi les Hépatiques à tige feuillée, je mentionnerai seulement une espèce des plus communes, le *Frullania dilatata*, que M. Leclerc du Sablon a également étudiée. Sans insister sur les détails ni représenter tous les stades du développement, il me suffira de renvoyer aux figures 35 à 44, qui permettent de constater qu'on est en présence d'un mode de formation semblable à celui qui précède, et que nous allons encore retrouver chez les Mousses.

Je prendrai pour exemple le *Sphagnum fimbriatum*, en indiquant seulement les caractères qui le distinguent des types qui nous sont connus

La cellule mère de l'anthérozoïde présente cette particularité que, du côté opposé au noyau, se trouve un amas de protoplasme amylacé qui s'accole à la partie postérieure du corps dès que celle-ci a pris naissance par allongement du noyau (fig. 45 et suivantes). Ce dernier s'étire rapidement en formant les deux régions opposées du corps. L'extrémité antérieure très réfringente fait l'effet d'un petit bouton brillant d'où partent les cils. Insensiblement, le corps s'aplatit en une bandelette qui est plus mince au contact de la masse amylacée que dans le reste de sa longueur, et qui se recourbe, à son extrémité postérieure, en un petit crochet (fig. 49 et suiv.).

L'anthérozoïde atteint rapidement sa longueur définitive, égale à deux tours de spire. Le dernier tour n'offre plus alors qu'un très faible résidu protoplasmique, mais la masse amylacée ne paraît nullement diminuer de volume pendant le développement. Cette espèce de grain d'amidon a la forme d'un haricot; sa surface convexe est soudée à la partie caudale de l'anthérozoïde. Lorsque la formation du corps est achevée, le premier tour de spire est beaucoup plus large que le second (fig. 60 61). En entrant en mouvement, l'anthérozoïde entraîne sa masse amylacée, avec quelques granulations protoplasmiques très fines renfermées dans une vésicule qui se gonfle et se détruit, en laissant en place le granule d'amidon; ce dernier finit par se détacher pendant la rotation de l'anthérozoïde, dont

l'extrémité postérieure se montre alors effilée en pointe et peu colorable par les réactifs de la nucléine (fig. 63). Même à la maturité, les cellules qui forment la paroi de l'anthéridie sont encore bourrées d'amidon.

Le développement des cils est beaucoup plus facile à suivre chez le *Sphagnum* que chez les Hépatiques dont il a été question en dernier lieu. Ils naissent aussitôt après la différenciation de l'extrémité céphalique, sur laquelle ils s'insèrent. On peut les isoler du corps dès les premiers stades et constater que leurs tours de spire vont en diminuant de largeur à partir de leur point d'insertion. Leur extrémité libre offre souvent une boucle plus ou moins complète, qui semble indiquer la largeur de leur dernier tour de spire (fig. 52). En mesurant leur longueur dans un grand nombre de cas, on trouve qu'elle varie fort peu; la figure 53 la représente dans la majorité des anthérozoïdes, la figure 54 dans un cas où elle est restée au-dessous de la moyenne (1).

La longueur relative des cils, par rapport à celle du corps est sensiblement la même chez le *Funaria* ou le *Polytrichum*. On conçoit d'ailleurs que des variations de cette nature n'ont aucune importance.

En résumé, les résultats qui précèdent concordent parfaitement, sur tous les points essentiels, avec ceux que nous avait fournis l'étude des Characées. Sans doute, si M. Leclerc du Sablon avait examiné des espèces telles que le *Pellia*, il n'aurait pas formulé les conclusions qu'il a cru pouvoir tirer de ses recherches sur les Hépatiques. Je crois avoir prouvé, en effet, que le corps de l'anthérozoïde n'apparaît pas, à l'origine, sous la forme d'un anneau protoplasmique, homogène et brillant, qui absorberait peu à peu le noyau et le protoplasme de la cellule mère, pour s'ouvrir ensuite et s'allonger en spirale. Cet anneau ne peut fournir que les cils, dont la naissance a lieu dès que le noyau commence sa métamorphose en anthérozoïde.

(1) M. Roze a figuré plus exactement que ses devanciers les anthérozoïdes du *Sphagnum* (Bull. Soc. bot. de France, 1872).

III

FOUGÈRES

Chez les Fougères, la formation et la constitution des anthérozoïdes ont été étudiées principalement dans le groupe des Polypodiacées. Ayant eu à ma disposition un assez grand nombre de prothalles d'*Angiopteris evecta* Hoffm., j'en ai profité pour rechercher si les Marattiacées n'offriraient pas quelques caractères particuliers au point de vue qui nous intéresse, car jusqu'ici leurs anthérozoïdes ne paraissent pas avoir été observés.

Les anthéridies sont enfoncées dans le tissu de la côte médiane du prothalle, très épaisse chez ces plantes ; elles ne se forment guère, comme on le sait, avant le quatrième ou le cinquième mois de la vie du prothalle. Mais, quand elles ont commencé à se développor, on y trouve pendant assez longtemps tous les stades nécessaires à l'observation. Les coupes à travers les anthéridies et l'isolement des cellules mères s'obtiennent sans difficulté.

J'ai étudié par comparaison les espèces suivantes : *Adiantum cuneatum* Lgsdf. et Fisch., *A. macrophyllum* Sw., *Gymnogramme chrysophylla* Klfs., *Pteris longifolia* L., *Pellea falcata* Fée, *Aspidium aristatum* Sw., *Asplenium denticulatum* Bl., *A. diversifolium* Bl., *A. violasceus* Bory, *Osmunda regalis* L. — Elles ne m'ont offert aucune différence morphologique intéressante à signaler; le développement ressemble à s'y méprendre à celui qu'on a observé chez l'*Angiopteris*. Je me contenterai donc de le décrire dans cet exemple, où je l'ai suivi dans tous ses détails.

Les procédés techniques indiqués précédemment réussissent fort bien, mais l'action de l'acide osmique, seul ou mélangé à d'autres agents, ne doit pas dépasser le temps nécessaire à la fixation, sous peine de rendre les colorations difficiles. L'alcool absolu réussit mieux ici que dans les autres cas.

Quand toutes les cellules mères d'anthérozoïdes sont formées, chacune d'elles possède un noyau relativement volumineux, pourvu d'un nucléole qui va bientôt disparaître, et une charpente riche en chromatine (planche IV, fig. 1). Les membranes communes aux cellules mères ne tardent pas à se dédoubler par dissolution de leur partie médiane et les cellules se séparent les unes des autres en prenant la forme arrondie ou ovoïde.

Au moment où il va commencer son évolution, le noyau subit un changement interne qui le rend non pas homogène, mais finement granuleux. Après s'être rapproché de la surface du protoplasme, il s'allonge et bientôt se montre déprimé à la face interne (fig. 2 et 3). Par le côté, il ressemble à un croissant très épais, formé en réalité par une large bande, dont la face dorsale convexe suit le contour du protoplasme hyalin qui la recouvre. Remarquons de suite que l'épaisseur de cette couche protoplasmique est proportionnellement plus grande dans les Fougères que dans les autres cas, parce qu'ici le nombre des cils qu'elle produira est beaucoup plus considérable. Suivons d'abord la métamorphose du noyau.

Dans la figure 3, on remarque déjà que les deux extrémités du noyau ne sont pas semblables ; celle de gauche est plus pointue : c'est l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde. Elle forme d'abord un bec crochu, qui s'allonge en direction spiralée. La figure 4, où l'anthérozoïde est vu par la face dorsale, montre bien cette courbure. J'ai remarqué plusieurs fois que la couche externe du noyau et du bec était plus dense et plus réfringente que le reste de la substance nucléaire. L'extrémité postérieure s'accroît ensuite, mais elle reste toujours plus épaisse que l'antérieure, parce que cette dernière prend un développement prédominant (fig. 5 à 9).

A cette période, comme à celles qui précèdent ou qui suivent, et pour un même stade de développement, la grosseur et la forme du corps présentent quelques variations aussi bien dans les anthéridies d'un même prothalle que dans celles de prothalles différents. Les figures 6 à 9, comparées aux figures 14 à 16, en donneront un aperçu. Ces variations ne paraissent

guère plus étendues quand on met en parallèle avec l'*Angiopteris* les espèces qui ont été mentionnées plus haut.

Le protoplasme granuleux, dont se nourrit l'anthérozoïde, occupe la face interne du corps et en dépasse plus ou moins les bords (fig. 10 à 13). Au fur et à mesure qu'il diminue de quantité, ses granulations s'accumulent au contact de cette face interne et grossissent en présentant la réaction de l'amidon (fig. 20, 21, 27).

Tant qu'elle n'a pas atteint sa longueur définitive, la partie antérieure de l'anthérozoïde est granuleuse et moins chromatique que le reste du corps. C'est là, sans doute, la conséquence d'un accroissement prédominant et d'une digestion rapide de la substance du protoplasme, dont les granulations forment, sur la face interne et sur les côtés, un revêtement dense qui contribue encore à rendre moins apparentes au premier abord les colorations propres à la substance nucléaire. Pour mieux apercevoir ces granulations, il suffit d'exercer une légère pression sur le contenu d'une cellule mère (fig. 20, etc.).

L'anthérozoïde adulte forme en moyenne deux tours et demi de spire; le dernier est plus large que les autres. La partie antérieure du corps est relativement grêle; elle est représentée au premier plan dans la figure 21, tandis que, dans la figure 22, on l'aperçoit en arrière de l'extrémité postérieure. Il reste toujours une certaine quantité de protoplasme amylacé à l'intérieur du dernier tour de spire (fig. 23 à 25); en sortant de la cellule mère, l'anthérozoïde l'entraînera avec lui sous la forme d'une vésicule postérieure.

La formation des cils commence, ici encore, dès que l'extrémité antérieure du corps est apparente. La couche protoplasmique hyaline, qui doit les fournir et qui part de cette extrémité en revêtant la surface externe du noyau, se continue tout de suite, à l'opposé, sur le protoplasme granuleux (fig. 3). Une différenciation semblable a lieu sur les faces latérales, où pourtant la couche hyaline est plus mince (fig, 11 à 13). Le noyau en voie d'évolution et le protoplasme granuleux, offrent donc, à un moment donné, un revêtement complet de protoplasme hyalin.

Les Fougères diffèrent, en cela, des Cryptogames étudiées précédemment, et cette différence est en rapport avec le nombre élevé et la longueur des cils de l'anthérozoïde.

La formation de ces derniers se manifeste d'abord sur le dos du corps à partir de l'extrémité antérieure ; elle se poursuit au-delà, dans la direction même où le corps s'allongera, c'est-à-dire en spirale, à la surface du protoplasme granuleux, ce qui explique la raison d'être du revêtement complet formé par la couche protoplasmique hyaline. La figure 4 montre les cils insérés sur le bec et recouvrant déjà le corps de l'anthérozoïde à peine ébauché; dans les figures 6 à 9, on voit qu'ils en dépassent l'extrémité postérieure.

Au début, on ne distingue que les stries ; mais, si l'on parvient à déchirer la couche hyaline enveloppant le corps et à dissocier, en les rompant, les cils en voie de formation, on les trouve représentés par des fils granuleux (fig. 5), qui deviendront homogènes et plus résistants par la fusion et la disparition des granulations. Accolés et serrés les uns contre les autres, ils forment, dans les préparations où l'anthérozoïde est vu par le côté, une bande réfringente appliquée sur le corps (fig. 18, 19, 20, etc.). Plus tard, on peut les écarter faiblement par la pression, sans qu'on arrive pourtant encore à reconnaître ni leur longueur ni leur surface d'insertion. Mais quand la spirale a terminé sa croissance, il est plus facile, par le même procédé, de les suivre à la surface du corps et de constater qu'ils en dépassent l'extrémité postérieure (fig. 27),

Quand la cellule mère s'ouvre dans l'eau et laisse sortir l'anthérozoïde adulte, les cils commencent à s'écarter les uns des autres, tout en restant encore pendant quelques instants enroulés sur le corps et à la surface de la vésicule postérieure (fig. 28 et 29). Bientôt, les cils extérieurs deviennent libres et s'étalent en rayonnant autour de la partie antérieure du corps. La figure 30 représente un anthérozoïde entré en mouvement, mais fixé avant la séparation complète des cils ; un grand nombre d'entre eux sont encore accolés et se continuent sur la vésicule postérieure. Il est curieux de voir les efforts que fait un anthérozoïde

pour étaler sa crinière : ce sont les deux premiers tours de spire qui, par leur contraction et leur relâchement alternatifs, jouent le principal rôle. Ces mouvements forcent les cils à s'étaler, tantôt isolément, tantôt sous la forme de pinceaux qui se dissocieront à leur tour. Si l'on fixe un anthérozoïde au moment où il ralentit son mouvement et où, par conséquent, tous les cils sont isolés, on remarque sans peine qu'aucun d'eux ne s'insère sur le dernier tour de spire, mais l'observation ne permet pas de préciser davantage (fig. 31). Au contraire, si l'on parvient à obtenir des préparations où les cils sont rejetés, sous forme de gerbe, en avant de la partie antérieure du corps, comme dans la figure 32, on constate que leur surface d'insertion est sensiblement égale, en longueur, à la première moitié du tour de spire antérieur. Quand on fixe instantanément un anthérozoïde pendant sa rotation la plus active, on trouve les cils dirigés, pour la plupart, dans le sens de la spirale (fig. 33).

Les granulations protoplasmiques, en majeure partie amylacées, qui persistent sur la face interne de la région postérieure du corps, s'en séparent et flottent dans la vésicule, dont le degré d'adhérence varie, ainsi que le volume, suivant l'état de maturité de l'anthérozoïde. Lorsqu'on a tué ce dernier par l'iode, on voit facilement la vésicule se gonfler peu à peu avant d'éclater (fig. 30 à 33). Très réduite dans certains cas, elle n'a parfois qu'une existence fort courte; souvent elle se détache pendant les mouvements de rotation.

En comparant entre eux les anthérozoïdes des Fougères que j'ai étudiées, j'ai constaté aussi que les variations dans la forme et la longueur sont beaucoup moins marquées qu'on ne pourrait le supposer en consultant les descriptions et les figures données par les auteurs pour diverses espèces; elles ne méritent d'ailleurs pas de nous arrêter.

Les méthodes d'analyse microchimique appliquées à l'étude de la composition des diverses parties du corps de l'anthérozoïde ne donnent pas toujours des résultats d'une généralité et d'une certitude suffisante. Tout en confirmant, dans l'ensemble, es indications fournies par M. Zacharias, dans son dernier travail,

sur le *Pteris serrulata* (1), je suis moins affirmatif que cet observateur sur les caractères chimiques de l'enveloppe plasmique qu'il trouve autour de la bande spiralée. Il ne me paraît pas suffisamment prouvé qu'elle est formée par le protoplasme cellulaire. Le noyau subit d'ailleurs, pendant qu'il s'allonge en se nourrissant du protoplasme granuleux, un remaniement tel, qu'il y a lieu de croire qu'il se crée lui-même une enveloppe hyaline, et que celle-ci ne lui est pas fournie directement par le protoplasme. Les procédés de double coloration, qui semblent avec raison les plus aptes à nous renseigner sur ce point, ne m'ont pas permis de reconnaître un dépôt pur et simple de protoplasme à la surface de la bande spiralée. D'autre part, M. Carnoy, qui a figuré (2), réunis dans une même anthéridie d'*Hymenophyllum*, tous les stades du développement des anthérozoïdes (sans doute parce qu'il n'a pas eu d'autre intention que d'en donner un schéma), admet que c'est la membrane primitive du noyau qui forme l'enveloppe du corps, mais il ne fonde son opinion sur aucune preuve. Je ferai, en outre, remarquer à ce sujet, que je n'ai pas réussi à constater, comme M. Leclerc du Sablon (3), que « même après que les cils sont complètement redressés, il existe encore au-dessus de la partie nucléaire de l'anthérozoïde une mince couche protoplasmique ». Pour cet observateur, cette couche proviendrait d'un anneau hyalin, formé comme chez les Hépatiques, au début du développement.

On se rappelle également que chez les Fougères, suivant M. Leclerc du Sablon, après la différenciation de l'anneau hyalin aux dépens du protoplasme, le noyau devenu latéral n'est pas absorbé par cet anneau, comme chez les Hépatiques : ils s'allonge en forme de croissant dont les extrémités se rapprochent de façon à produire l'apparence d'un second anneau complet. L'allongement continuant, le premier anneau, externe et de nature protoplasmique, se rompt pour suivre l'accroissement du second, interne et de nature nucléaire. Quant aux cils, on ne les

(1) Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns, etc., 1887.
(2) Biologie cellulaire, p. 226.
(3) Sur les antérozoïdes des *Cheilanthes hirta* (Bull. soc. bot. de France, 1888).

distinguerait qu'assez tard, et lorsque l'anthérozoïde cesse de se mouvoir; la partie ciliée pourrait former, à elle seule, jusqu'à quatre ou cinq tours de spire.

Sur ces divers points, mes résultats ne concordent pas avec ceux de M. Leclerc du Sablon. En ce qui concerne la formation du corps et des cils, il me paraît évident que l'existence d'un anneau protoplasmique, tel qu'il le conçoit, est incompatible avec le mode de développement que l'on observe. En effet, le corps se différencie, dès le début, en direction spiralée, avec prédominance d'accroissement dans la partie antérieure; le noyau ne s'étire donc pas en forme de croissant, dans un même plan. De même, les cils apparaissent dès le premier stade de la métamorphose du noyau, et suivant la direction de la bande spiralée encore rudimentaire; ils se continuent aussitôt sur le protoplasme nutritif et s'achèvent longtemps avant la formation définitive du corps de l'anthérozoïde.

M. Douglas H. Campbell n'a pas non plus vu exactement le mode de transformation du noyau et s'est complétement mépris sur l'origine des cils, qu'il décrit de la façon suivante (1): « Lorsque le filament séminal est presque entièrement formé, le cytoplasme ambiant se rassemble autour de l'extrémité antérieure du corps. Son aspect et sa position laissent à peine douter que les cils se forment aux dépens de cet amas protaplasmique. »

Bien qu'il n'ait pas suivi la différenciation des cils, M. Buchtien en a du moins figuré la position plus exactement que ses devanciers (2). Pour lui, en effet, ils s'insèrent sur le premier tour de spire, en un point situé à quelque distance de l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde. En réalité, il n'en est pas tout à fait ainsi, comme le montrent mes figures : ils s'insèrent à partir de cette extrémité même. Par conséquent, les figures des ouvrages classiques, où les cils sont représentés sur la face externe de plusieurs tours de spire, sont inexactes.

Au total, chez les Fougères, c'est encore le noyau seul qui se transforme directement en bande spiralée; les cils proviennent

(1) Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft; p. 121, fig. 1 à 10, pl. VI; 1887.
(2) *Loc. cit.*, fig. 76.

d'une couche périphérique, relativement épaisse, de protoplasme hyalin. A l'exception d'un faible résidu amylacé, le protoplasme granuleux est absorbé par le corps de l'anthérozoïde. La transformation morphologique du noyau est accompagnée de modifications internes qui rendent la bande spiralée homogène et également chromatique, sauf dans sa partie postérieure où elle se colore un peu moins par les réactifs de la nucléine. L'enveloppe très délicate du corps n'est pas formée directement par le protoplasme.

On voit par là que le développement et la constitution de l'anthérozoïde, en ce qu'il y a d'essentiel à considérer, présente la plus grande analogie chez les Characées, les Muscinées et les Fougères. On verra dans la suite qu'il en est de même chez les Cryptogames plus élevées.

(A suivre.)

ÉTUDES SUR LA VÉGÉTATION

DE LA VALLÉE DE CHAMONIX

ET DE LA CHAINE DU MONT BLANC

Par M. Gaston BONNIER

(*Suite*).

3° *Les zones végétales.* — Cherchons maintenant quelles sont les régions végétales que l'on peut reconnaître dans l'étendue de terrain considérée.

On sait que les espèces sont plus ou moins nettement réparties, non en altitude absolue comme on l'indique ordinairement dans les flores, mais en *altitude relative*. A mesure qu'on s'élève, les conditions physiques varient, en général, dans le même sens; toutefois, dans une région comme les environs de Chamonix où les glaciers descendent presque jusqu'au fond de la vallée, les limites des zones se trouvent souvent fort modifiées au voisinage de ces grandes masses de glace, et l'on peut parfois rencontrer diverses flores sans se déplacer en altitude.

En portant son attention sur les espèces les moins largement distribuées, et qui semblent spécialement adaptées à des conditions physiques données, on peut reconnaître dans la vallée de Chamonix, les zones suivantes :

1. En quelques endroits, on trouve des représentants de la *zone inférieure des montagnes;*

2. Des plantes déterminent la région des sapins, ou mieux, puisque les forêts peuvent faire défaut, la *zone subalpine;*

3. Au-dessus de cette zone, s'étend dans les prairies supérieures la *zone alpine inférieure;*

4. Une dernière zone qui avoisine les névés perpétuels supérieurs, se termine à la limite dernière de la végétation ; c'est la *zone alpine supérieure;*

5. A côté de ces diverses zones, on peut aussi observer une association spéciale d'espèces qui sont presque entièrement localisées sur les moraines des glaciers ou sur les dépôts glaciaires récents jusqu'au fond même de la vallée. D'une manière générale, c'est ce que l'on peut nommer la *zone morainique*, qui peut elle-même se diviser plus ou moins nettement en deux autres, l'une supérieure et l'autre inférieure.

Avant de rechercher quelles sont les limites de ces diverses zones, il est nécessaire d'en citer rapidement les principales espèces caractéristiques.

1. — *Zone inférieure des montagnes.*

En laissant de côté les plantes introduites par les cultures, la zone inférieure des montagnes est à peine représentée dans la vallée de Chamonix.

On peut tout au plus citer en divers points, s'étendant parfois jusqu'à plus de 1200 mètres d'altitude, des représentants de cette flore inférieure, comme à la base de plusieurs éboulis de la chaîne du Brévent plus ou moins directement exposés au sud. La flore que l'on observe, par exemple, au-dessus des Praz-d'en-Haut, à la base de la chaîne des Aiguilles-Rouges, sur le chemin de la Flégère, peut servir de type à cet égard.

La végétation est surtout formée par les *Corylus avellana Rhamnus Frangula*, *Berberis vulgaris*, *Cratægus Oxyacantha*, *Agrimonia Eupatoria*, *Astragalus Glycyphyllos*, *Carlina vulgaris*, etc.

On peut dire qu'il est rare d'observer, en dehors des endroits cultivés, une semblable association d'espèces dans l'étendue de terrain que nous considérons. Il faudrait descendre à de beau-

coup plus basses altitudes pour trouver une telle flore établie sur une région étendue.

2. — *Zone subalpine.*

Si l'on cherche quelles sont les espèces qui peuvent caractériser cette zone, à la fois par leur abondance et par leur délimitation assez nette au point de vue du climat, on en trouve bien moins que dans beaucoup d'autres régions des Alpes. Ce nombre moins grand n'est pas dû seulement à la pauvreté de la flore et à l'envahissement de la zone subalpine par beaucoup d'espèces de plaine ; le petit nombre des espèces caractéristiques tient aussi à l'extension dans la région alpine, d'espèces qui sont limitées à la zone subalpine dans les parties des Alpes où la flore est plus riche.

Les forêts constituées presque exclusivement par l'Épicéa et le Mélèze contiennent aussi des Bouleaux, des Aunes et des Genévriers. Les Aunes (*Alnus viridis*) souvent localisés sur le bord des torrents, sont très développés surtout à la jonction de ces torrents avec la vallée ; des bois d'Aunes y forment comme des sortes de deltas disposés d'une manière frappante sur les dépôts qui s'observent à la base de chaque torrent, surtout du côté de la chaîne du Mont-Blanc.

Parmi les Phanérogames et les Cryptogames vasculaires caractéristiques de la zone subalpine, aussi bien du côté de la chaîne des Aiguilles Rouges que du côté opposé, on ne peut citer que les suivantes :

Geranium silvaticum.
Epilobium spicatum.
Spiræa Aruncus.
Pirola secunda.
Chærophyllum hirsutum.
Lonicera cærulea.
Knautia silvatica.
Achillea macrophylla.
Mulgedium alpinum.
Prenanthes purpurea.
Hieracium prenanthoides.
Phyteuma betonicæfolium.
Campanula rhomboidalis.
Myosotis silvatica.
Melampyrum silvaticum.
Rumex arifolius.
Alnus viridis.
Picea excelsa.
Larix europæa.
Luzula nivea.

Aspidium Lonchitis.
Asplenium viride.
Equisetum silvaticum.
Lycopodium annotinum.
Selaginella helvetica.

En dehors de ces vingt-cinq espèces de plantes vasculaires, il n'est guère possible de trouver des plantes répandues dans la flore subalpine de la vallée qui ne s'étendent pas soit dans la région inférieure, soit dans la région alpine.

Toutefois, l'on pourrait y ajouter des espèces qui sont particulièrement répandues dans la zone subalpine telles que les *Ranunculus aconitifolius*, *Oxalis acetosella*, *Saxifraga cuneifolia*, *Homogyne alpina*, *Carlina acaulis*, *Vaccinium Vitis-Idæa*, *Rhododendron ferrugineum*, *Polygonum viviparum*, *Veratrum album*, *Allosorus crispus*, *Polystichum Filix-mas*, etc. ; mais ces espèces sont répandues en aussi grande abondance dans la région alpine inférieure.

D'autre part, il semble que la pauvreté de la flore et le peu de variété de la flore subalpine ait influé sur l'extension de certaines espèces alpines. On peut citer comme exemples remarquables les *Campanula barbata* et *Astrantia minor*, espèces qui se rencontrent seulement, en général, dans les Alpes, audessus de la région des sapins, et qui ici descendent, au contraire, jusqu'au fond de la vallée, où on les rencontre en très grande abondance. Je reviendrai d'ailleurs sur cette question au point de vue des limites des zones.

Parmi les Muscinées (dont la limitation est encore moins nette que celle des plantes vasculaires) on peut citer, comme plus ou moins répandues dans la zone subalpine les espèces suivantes :

Dicranum montanum.
Hedwigia ciliata.
Orthotrichum speciosum.
Orthotrichum Lyellii.
Bryum carinatum.
Pogonatum aloides.
Pogonatum urnigerum.
Antitrichia curtipendula.
Leskea nervosa.
Heterocladium dimorphum.
Isothecium Myurum.
Hypnum populeum.
Hypnum silesiacum.
Scapania compacta.
Jungermannia minuta.
Mastigobryum deflexum,
Trichocolea tomentella.
Riccia minima.

A côté de ces Muscinées, qui peuvent être considérées comme relativement caractéristiques, surtout par rapport aux zones supérieures, il faut citer les espèces qui sont remarquables par leur grande abondance dans la zone subalpine. Ce sont surtout parmi les Mousses, les *Hypnum purum*, *H. splendens H. triquetrum*, *H. Crista-castrensis*, *H. velutinum*, *Dicranum scoparium*, *Mnium undulatum*, *M. cuspidatum*, *Polytrichum formosum*, etc., qui forment d'épais tapis sous les Épicéas et les Mélèzes; les *Neckera complanata*, *N. crispa*, *Leucodon sciuroides*, *Leskea sericea*, etc., abondants sur les troncs d'arbres; les *Polytrichum piliferum*, *Pogonatum nanum*, *Aulacomnium androgynum*, etc., communes sur les pentes découvertes et les talus. Les *Sphagnum acutifolium*, *S. molluscum*, *S. cymbifolium*, sont les Sphagnées les plus abondantes dans les endroits tourbeux ; enfin, l'on trouve partout, dans les eaux courantes le *Fontinalis antipyretica*.

Parmi les Hépatiques, on peut citer comme espèces très répandues les *Alicularia scalaris*, *Jungermannia bicuspidata*, *Lophocolea bidentata*, *Radula complanata*, *Madotheca lævigata*, *M. platyphylla*, *Frullania dilatata*, *Pellia epiphylla*, *Aneura pinguis*, *Marchantia polymorpha*, *Metzgeria furcata*.

On voit d'après ce qui précède que les espèces de Muscinées les plus abondantes dans cette zone ne sont pas, en général, des plantes spéciales aux régions montagneuses.

Quant aux Lichens, il n'est pas facile de citer un grand nombre d'espèces caractéristiques de la zone subalpine, et les documents me font en partie défaut à ce sujet. Je nommerai cependant, parmi celles qui contribuent le plus à donner un aspect spécial à la végétation et qui sont répandues surtout dans cette zone, les espèces suivantes : *Peltigera canina*, *P. aphtosa*, *P. venosa*, *Solorina saccata*, *Sticta pulmonacea*, *Cladonia rangiferina*, *C. furcata*, *C. pyxidata*; sur les branches d'Épicéas ou de Mélèzes les *Usnea barbata*, *Cornicularia jubata*, *Physcia divaricata*, *P. prunastri ;* sur les Aunes les *Cetraria glauca*, *Parmelia perlata*. *Pertusaria communis*, etc.

Il faut aussi signaler le *Sphærophorus coralloides*, espèce très

caractéristique au point de vue de la géographie botanique, car son maximum d'abondance relative marque presque partout la partie supérieure de la zone subalpine.

Les Algues d'eau douce contribuent rarement à donner une physionomie au tapis végétal ; on ne peut cependant passer sous silence les diverses espèces de *Trentepohlia*, qui revêtent les rochers des torrents une vive couleur rouge ou orangée.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR LA COMPOSITION DES TUBERCULES

DE

CROSNE DU JAPON (STACHYS TUBERIFERA)

PAR

A. de PLANTA (1).

Les tubercules, connus dans le commerce sous le nom de « Crosne du Japon » et qui sont formés par les entrenœuds renflés des rameaux souterrains d'une Labiée (*Stachys tuberifera*) (fig. 6), sont particulièrement intéressants au point de vue de leur composition chimique. Ces tubercules, dont l'usage se répand tous les jours de plus en plus en Angleterre, en France et en Suisse, constituent en effet un aliment de première qualité, et la nature des substances qu'ils renferment n'était connue que d'une manière très inexacte.

Fig. 6. — Tubercule de *Stachys suberifera*, à l'automne.

Je n'insisterai pas ici sur le détail des procédés que j'ai employés pour l'analyse chimique de ces tubercules (2), et je laisserai de côté leur développement morphologique (3).

Voici quel est le résultat de l'analyse des tubercules à l'état de vie ralentie, tels que celui représenté par la figure 6 et récoltés au mois de février, à Paris.

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de chimie agricole du Polytechnicum de Zurich, dirigé par M. le Professeur E. Schultze.

(2) Voir l'article que j'ai publié dans les « Versuchsstationen » de Nobbe, 1888.

(3) La *Revue générale de Botanique* publiera un travail de M. Seignette sur ce sujet.

Composition des tubercules.

	Frais	Secs.
Eau.	78,33	
Substances protéiques.	1,50	6,68
Amides.	1,67	7,71
Graisse (extraite par l'éther).	0,18	0,82
Hydrates de carbone (principalement formés de *galactane*).	16,57	76,71
Cellulose	0,73	3,38
Cendres.	1,02	4,70
	100,00	100,00

Les tubercules contenaient donc 21,67 p. 100 de substance sèche, dont la composition centésimale est indiquée ci-dessus dans la colonne de droite.

On voit que les substances azotées se trouvent en proportion notable dans cet aliment et que les hydrates de carbone, en très forte quantité, sont surtout représentés par la *galactane*, substance découverte en 1886 par MM. E. Schultze et Steiger dans les graines de Lupin (*Lupinus luteus*).

La galactane, cette nouvelle substance, est intermédiaire entre l'amidon et le sucre; c'est une matière analogue à la dextrine, mais qui est très nettement caractérisée. La proportion d'environ 75 p. 100 de galactane dans les tubercules de *Stachys tuberifera* est tout à fait remarquable et l'on ne connaît jusqu'à présent aucune plante qui, à aucun état de son développement, contienne une semblable proportion de cette substance. Les sucres ne se trouvent qu'à l'état de traces dans ces tubercules, et encore leur présence n'est-elle pas certaine, car il se forme du glucose après l'interversion de la galactane par l'acide chlorhydrique étendu.

J'ajoute que, parmi les substances azotées, j'ai pu, en outre, isoler la glutamine et la tyrosine.

La richesse en matières non azotées et surtout en galactane,

qui est une substance très facilement assimilable, fait voir que les Crosnes du Japon constituent un aliment précieux en bien des cas pour les malades et pour tous ceux qui souffrent d'un estomac délicat.

La seule analyse de ces tubercules que j'ai pu trouver dans mes recherches bibliographiques a été publiée par M. Carrière dans la *Revue horticole*, en 1885 (1).

Or, le chimiste qui a donné cette analyse trouve 68,96 p. 100 d'amidon, et les tubercules que j'ai analysés au mois de février n'en renfermaient pas trace.

On peut, il est vrai, ainsi que l'a remarqué M. Dufour (de Lausanne), trouver quelquefois des *traces* d'amidon dans les tubercules de *Stachys tuberifera* récoltés en automne, mais ce n'est là que de l'amidon transitoire qui, selon toute apparence, se transforme en galactane pendant l'hiver. Ce fait intéressant montre qu'une étude chimique de ces tubercules à divers stades de leur développement pourrait fournir de remarquables résultats.

En tout cas, ce n'est pas cet amidon transitoire (n'existant qu'à l'état de traces) qui peut avoir été trouvé dans l'analyse que je viens de citer. C'est, sans nul doute, la galactane qui a été comptée comme amidon, et la différence entre ces deux corps est assez importante au point de vue physiologique comme au point de vue alimentaire, pour mériter d'être signalée.

(1) Voici cette analyse :

	Tubercules frais.	Tubercules secs.
Eau	74,19	»
Amidon	17,80	68,96
Albuminates	4,31	16,69
Graisse	0,55	2,13
Cellulose	1,34	5,19
Cendres (y compris 0,28 d'acide phosphorique)	1,81	7,01
	100,00	99,98

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE PUBLIÉS EN 1888

(*Suite.*)

II. Anatomie des tissus.

Plusieurs auteurs se sont occupés des tubercules de formes variables qui apparaissent sur les racines de toutes les Légumineuses. On se rappelle que la nature et le rôle de ces tubercules ont donné lieu à de nombreuses interprétations, les uns pensant que c'était de simples racines renflées pour servir de réserves, les autres croyant y voir des sortes de productions maladives résultant de la symbiose de la Légumineuse et d'un Champignon.

Au sujet de la structure même des tubercules, les auteurs dont nous analysons les travaux, M. Lundstrœm (1), MM. Van Tieghem et Douliot (2) et M. Vuillemin (3) sont d'accord : un tubercule est une racine modifiée. Dans la partie la plus complexe d'un tubercule, on trouve autour d'un parenchyme central très développé tout un cercle de cordons vasculaires entourés chacun par un endoderme spécial. Dans certains cas, ces cordons vasculaires présentent la structure d'un cylindre central ; alors, les cordons vasculaires sont autant de cylindres centraux, et le tubercule est formé par une racine à plusiours cylindres centraux, en d'autres termes par une racine polystélique. Dans d'autres cas, au contraire, chaque cordon vasculaire est formé seulement par un faisceau du bois vers l'extérieur, et un faisceau du liber vers l'intérieur; MM. Lundstrœm et Vuillemin pensent alors que le tubercule correspond à une racine dont les faisceaux sont dissociés, tandis que MM. Van Tieghem et Douliot considèrent chaque cordon vasculaire comme un cylindre central réduit à un seul faisceau. On voit que ce ne sont là que des différences d'interprétation.

M. Lundstrœm et M. Vuillemin n'ont pas seulement étudié la structure des tubercules de Légumineuses, ils ont encore recherché la véritable nature des productions toutes spéciales, qui ont été signalées dans certaines cellules de ces tubercules. Les petits bâtonnets albuminoïdes que M. Woronine avait appelé bactérioïdes sont des leucites provenant de la différenciation du protoplasma et non des êtres autonomes. Mais, outre ces bâtonnets, on trouve dans quelques cellules des sortes de traînées protoplasmiques qui s'étendent d'une cellule à une autre sur une certaine longueur. M. Lundstrœm ne se prononce pas d'une façon définitive sur la nature de ces productions.

(1) Lundstrœm : *Ueber Mycosomatien in den Wurzeln der Papilionaceen* (Botaniches Centralblatt ; t. XXIII, 1888).

(2) Van Tieghem et Douliot : *Origine, structure et nature morphologique des tubercules radicaux des Légumineuses* (Bull. de la Société botanique de France ; t. XXXV, séance du 1er mai 1888).

(3) Vuillemin : *Des tubercules radicaux des Légumineuses :* (Annales de la science agronomique française et étrangere ; tome I, Nancy, 1888).

M. Vuillemin, au contraire, apporte des arguments décisifs en faveur de l'opinion qui considère ces filaments comme des Champignons parasites du tubercule. D'abord, ces traînées protoplasmiques ne sont pas nues, comme on l'avait cru tout d'abord, mais entourées par une membrane de cellulose que M. Vuillemin a pu colorer en bleu par le chloro-iodure de zinc. Puis, on voit çà et là se former, à l'extrémité d'une ramification de la traînée, des renflements dont le contenu se différencie en petites masses qui sont mises en liberté. Chacune de ces masses, munie d'un cil, peut se mouvoir rapidement, c'est une zoospore. Les traînées protoplasmiques n'étaient donc autre chose que le mycélium d'un Champignon parasite, de la famille des Chytridinées, auquel M. Vuillemin a donné le nom de *Cladochytrium tuberculorum*.

Si les tubercules des Légumineuses sont des racines, il n'en est pas de même des suçoirs, des Santalacées et des Rhinanthées (1), qui affectent souvent la forme de tubercules. D'après M. Leclerc du Sablon ces suçoirs sont de simples émergences exogènes, qui par leur structure et leur développement diffèrent nettement des racines. Il est à remarquer que chez ces plantes, l'absorption des sucs se fait non seulement par les suçoirs, mais encore par des poils radicaux, parfois assez nombreux. Les Rhinanthées et les Santalacées sont donc à proprement parler des plantes demi-parasites.

Melle Leblois (2) a pu élucider plusieurs points intéressants de l'histoire des tissus sécréteurs. Les poches sécrétrices, ces petites cavités renfermant di-

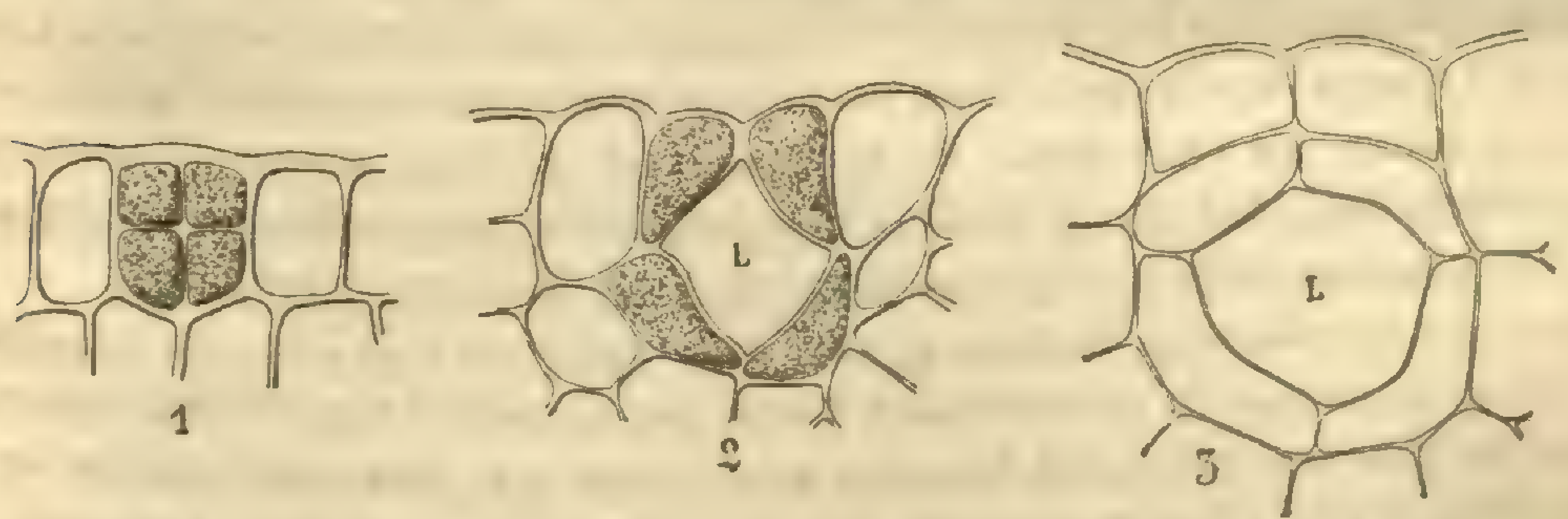


Fig. 7. — Formation d'une poche secrétrice de l'Oranger ; 1, cellule épidermique qui s'est divisée en quatre cellules secrétrices ; 2, ces quatre cellules en s'écartant forment un méat L ; 3, le méat L s'est agrandi pour former la poche secrétrice. (D'après Melle Leblois.)

verses substances sécrétées par la plante, pourraient d'après plusieurs auteurs se produire de deux manières différentes ; les unes, formées par l'écartement de cellules, seraient des méats intercellulaires ; les autres au contraire proviendraient de la destruction d'un massif de cellules.

En suivant avec soin la formation des poches sécrétrices rangées dans cette dernière catégorie, Melle Leblois a constaté qu'il n'y avait jamais destruction de cellules, mais seulement écartement. Les poches sécrétrices de l'Oranger par exemple, proviennent d'une seule cellule de l'épiderme. Cette cellule se

(1) Leclerc du Sablon : *Recherches sur les organes d'absorption des plantes parasites* (Annales des sciences naturelles, 7e série ; tome VI, p. 90).

(2) A. Leblois : *Recherches sur l'origine et le développement des canaux sécréteurs et des poches sécrétrices* (Annales des sciences naturelles, 7e série ; t. VI, p. 247).

divise d'abord en quatre (1, fig. 7), puis un méat se forme au milieu de ces quatre nouvelles cellules (2, fig. 7), qui continuent elles-mêmes à se diviser (3, fig. 7). Toutes les cellules provenant de la division de la cellule primitive sont les cellules sécrétrices qui déversent dans le méat central l'huile qu'elles ont produites.

Mlle Leblois a aussi étudié la formation des thylles, ces productions cellulaires qui obstruent parfois complètement la cavité de certains canaux sécréteurs. Les thylles sont toujours formés par un développement tardif des cellules de bordure du canal. Ces cellules, en s'allongeant dans la cavité du canal, finissent par se rencontrer, et forment en se soudant les unes aux autres, une sorte de faux tissu dont il est difficile, sans suivre le développement, de reconnaître la véritable nature.

Mlle Leblois termine son travail en montrant le rapport qui existe, entre la forme de l'appareil sécréteur et la classification dans un certain nombre de familles.

Dans un travail sur l'accroissement de la feuille, M. Sonntag (1) s'est proposé d'étudier le mode d'accroissement des feuilles. On sait d'une façon générale que l'accroissement des feuilles est d'abord terminal, puis devient intercalaire. L'auteur est parvenu à préciser pour chaque espèce, l'importance relative de ces deux modes d'accroissement ; il rapporte les feuilles qu'il a étudiées à trois types principaux :

1° Dans le *type intercalaire*, l'accroissement terminal a une très courte durée, et cesse avant l'apparition des appendices latéraux de la feuille. Lorsque le sommet ne s'accroît plus, une zone génératrice apparaît à une certaine distance de l'extrémité de la feuille et produit successivement les appendices latéraux de la feuille : folioles, lobes, denticulations. Mais, suivant la position de la zone génératrice, on peut distinguer deux cas :

Dans un premier cas, la zone génératrice apparaît à la base de la feuille, et donne naissance à de nouveaux tissus par sa partie supérieure. Les portions les plus nouvellement formées sont donc les plus rapprochées de la base de la feuille ; l'accroissement est donc *basipète* (Conifères, Labiées).

Dans un second cas, la zone génératrice est très voisine du sommet de la feuille et forme de nouveaux tissus par sa face inférieure. L'accroissement est alors *basifuge* (Beaucoup d'Ombellifères et de Légumineuses).

2° Dans *le type terminal*, le sommet de la feuille s'accroît pendant plus longtemps que dans le type précédent et produit directement, les appendices latéraux de la feuille. Ce n'est que lorsque tous ces appendices sont ébauchés que l'accroissement terminal, cesse et que l'accroissement intercalaire commence, (Fougères, Cycadées, Ailante, Sureau).

3° Le *type mixte* tient à la fois du type terminal et du type intercalaire basipète. Une partie des appendices latéraux de la feuille est formée par le méristème terminal et l'autre partie par une zone d'accroissement intercalaire qui apparaît lorsque le sommet a cessé de s'accroître (*Anthemis tinctoria, Artemisia Absinthium*).

(1) Sonntag. *Ueber Dauer des Scheitelwachsthums und Entwicklungsgeschichte des Blattes* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome XVIII, p. 236).

En étudiant l'accroissement terminal de la racine des Cryptogames vasculaires, M. Van Tieghem (1) a pu préciser la limite qui sépare l'écorce du cylindre central de ces plantes. Dans la racine du *Pteris cretica* par exemple la cellule terminale se divise d'abord par une cloison tangentielle; puis, le plus interne des deux segments ainsi formé se divise à son tour par une seconde cloison. La plus interne des trois cellules dont on vient de voir la formation donne le cylindre central; la cellule moyenne donne l'assise plissée et deux assises de l'écorce; la cellule externe donne le reste de l'écorce. L'endoderme, ayant la même origine que deux assises qui appartiennent incontestablement à l'écorce, doit donc être rattaché à l'écorce; la limite entre l'écorce et le cylindre central doit donc être placée à l'intérieur de l'assise plissée. M. Van Tieghem est arrivé à la même conclusion pour les tiges et les racines des Cryptogames vasculaires en général.

On sait que dans la racine des *Equisetum* où le péricycle manque, l'endoderme se dédouble par une cloison longitudinale en une assise externe plissée et une assise interne non plissée. M. Van Tieghem (2) a signalé un dédoublement analogue dans la tige de plusieurs Cryptogames vasculaires (*Hymenophyllum*, *Nephrolepis* (stolon), *Polypodium*, *Azolla*).

M. Carl Müller (3) vient de publier un curieux travail sur les commissures qui réunissent entre elles les feuilles d'un même verticille de la tige des *Equisetum*. L'auteur qui fait appel aux formules les plus compliquées de la trigonométrie arrive à cette conclusion que les commissures sont rendues solides par des cellules perpendiculaires à leur direction.

Dans une note sur le fruit des Graminées, M. Jumelle (4) a modifié les idées reçues sur la structure des caryopses. On croyait que la paroi des caryopses était formée par la soudure du péricarpe avec les téguments de la graine. En suivant le développement, M. Jumelle a reconnu que les téguments de la graine, ainsi que la partie interne du péricarpe étaient digérés par l'albumen qui s'applique ainsi directement contre la partie externe du péricarpe. Les parois du caryopse sont donc formées dans le fruit adulte uniquement par la partie externe du péricarpe ; les téguments de la graine ont disparu.

M. Laborie (5) a recherché les différences qui peuvent exister au point de vue de la structure, entre les tiges végétatives ordinaires et les axes floraux d'une même plante. Les conclusions auxquelles il est arrivé sont remarquables par leur généralité. Dans les pédicelles floraux, l'écorce est plus développée, les vaisseaux du bois moins nombreux et plus étroits, la

(1) Van Tieghem : *Sur la limite du cylindre central et de l'écorce dans les Cryptogames vasculaires* (Journal de Botanique du 1er nov. 1888).

(2) Van Tieghem : *Sur le dédoublement de l'endoderme dans les Cryptogames vasculaires* (Journal de Botanique du 16 nov. 1888).

(3) Carl Müller : *Ueber den Bau der Commisuren der Equiseten-Scheiden* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome XIX, 497).

(4) Henri Jumelle : *Sur la constitution du fruit de Graminées* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, séance du 23 juillet 1888).

(5) Laborie : *Recherches sur l'anatomie des axes floraux*, Toulouse, 1888.

moelle moins abondante que dans les axes végétatifs. Ces résultats s'appliquant non seulement aux pédicelles proprements dits, mais encore aux axes à fruit, c'est-à-dire à ces petites branches spéciales sur lesquelles, chez certains arbres tels que les pommiers et les poiriers, les pédicelles floraux se développent exclusivement.

M. Van Tieghem (1) a observé dans la racine d'un certain nombre de plantes un appareil de soutien dont la forme la plus ordinaire est la suivante. Dans une assise déterminée de l'écorce, chaque cellule porte sur les cloisons radiales et transverses une bande d'épaississement fortement saillante à l'intérieur et qui se lignifie bientôt. Ces quatre bandes s'unissent dans les angles et forment autour de chaque cellule un cadre de soutien. Quelquefois les cloisons tangentielles elles-mêmes portent des bandes d'épaississement. Dans certains cas même, les bandes d'épaississement se ramifient sur les parois de la cellule de façon à former un dessin assez compliqué.

Le plus souvent, le réseau formé par ces bandes d'épaississement apparaît dans l'avant-dernière assise corticale au contact de l'endoderme. C'est le cas d'un grand nombre de Crucifères, de Rosacées, de Caprifoliacées, de Conifères. Chez les Géraniacées c'est dans l'assise corticale qui est en dedans de l'assise pilifère que se forme le réseau. Entre ces deux positions extrêmes le réseau peut occuper toutes les positions intermédiaires, quelquefois même il peut se trouver dans plusieurs assises de cellules.

La forme et la position de ce réseau d'épaississement étant constantes dans une même espèce ou dans un même genre, peuvent donner de précieuses indications pour la détermination. L'auteur cite quelques exemples où l'étude du réseau fait cesser les incertitudes que laisse souvent la seule constatation des caractères extérieurs, surtout lorsque la fleur fait défaut.

III. — ANATOMIE APPLIQUÉE A LA CLASSIFICATION

M. Dumont (2) s'est proposé d'étudier l'anatomie des Malvacées, Bombacées, Tiliacées et Sterculiacées ; il a constaté que ces quatre familles devaient être rapprochées par leurs caractères anatomiques comme par leurs caractères floraux. D'ailleurs d'une façon générale l'auteur trouve que l'anatomie ne vient que confirmer les données de la morphologie externe surtout pour les caractères de famille et les caractères spécifiques ; il n'en est pas toujours de même pour la division des familles en genres ; aussi M. Dumont pense que le genre n'est « qu'une division artificielle commode pour l'étude, mais manquant d'homogénéité et de précision ». Il aurait peut-être pu en dire autant de la famille et de l'espèce.

M. Hovelacque (3) a fait une étude analogue mais plus étendue sur les Bignoniacées, les Rhinanthacées, les Orobanchées et les Utriculariées ; il a

(1) Van Tieghem : *Sur le réseau de soutien de l'écorce de la racine* (Annales des sciences naturelles ; 7e série, tome VII, p. 373).

(2) Dumont : *Recherches sur l'anatomie comparée des Malvacées, Bombacées, Tiliacées et Sterculiacées* (Annales des sciences naturelles ; 7e série ; tome VI, p. 169).

(3) Hovelacque : *Recherches sur l'appareil végétatif des Bignoniacées, Rhinanthacées, Orobanchées et Utriculariées* ; Paris, 1888.

décrit avec le plus grand détail la structure des différentes parties des racines, des tiges et des feuilles d'un grand nombre d'espèces. Les botanistes qui voudront étudier les familles dont s'est occupé M. Hovelacque pourront trouver dans le travail de cet auteur un très grand nombre de renseignements utiles.

M. Breitfeld (1) s'est borné, dans des Rhododendroïdées, à l'étude anatomique de la feuille. C'est peut-être pour n'avoir pas examiné la tige et la racine qu'il ne peut distinguer par des caractères anatomiques les Eurhododendrées et les Phyllodocées, dont l'ensemble forme la tribu des Rhododendroïdées. Cependant, l'auteur trouve que l'anatomie de la feuille lui a fourni de bons caractères pour la division en espèces du genre Rhododendron.

M. Wilhelm Jannike (2) croit pouvoir donner une définition anatomique de la famille des Géraniacées. La structure de l'épiderme formé de cellules petites et portant des poils coniques ou arrondis et la présence dans les tiges et surtout dans les pédicelles floraux, d'un anneau de fibres de soutien, sont des caractères communs à toutes les espèces de la famille. Les genres sont plus difficiles à caractériser; l'auteur ne parvient à les distinguer anatomiquement qu'en faisant de nombreuses restrictions.

M. Treub (3) décrit le prothalle du *Lycopodium salakense*, nouvelle espèce de Lycopode qu'il a découverte à Java; le prothalle se rapporte au type du *Lycopodium cernuum* déjà décrit par l'auteur. Les prothalles des *L. carinatum*, *L. nummularifolium* et *L. Hippuris* que M. Treub fait encore connaître, se rapprochent du type du *L. Phlegmaria*.

En présence des formes de prothalle très variées qu'offrent des espèces très voisines de Lycopodes, M. Treub insiste sur la nécessité de décrire à la fois le prothalle et la plante feuillée pour bien caractériser une espèce de Lycopode.

IV. — Variétés

M. Treub (4) vient de publier un nouveau mémoire sur le *Myrmecodia* de Java. On se rappelle que cette curieuse plante présente sur la tige des tubercules creusés de galeries communiquant avec l'air extérieur. Ces galeries sont habitées par certaines espèces de fourmis qui semblent être des hôtes inséparables du *Myrmecodia*. Certains auteurs ont même soutenu

(1) Breitfeld, *Der anatomische Bau der Blætter der Rhododendroidea in Beziehung zu ihrer systematischen Gruppirung und zur geographischen Verbreitung* (Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, vol. XI, 1888).

(2) Wilhelm Jannike : *Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Geraniaceen* (Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen Naturf. Gesellschaft, Bd XIX).

(3) Treub : *Étude sur les Lycopodiacées* (Annales du jardin botanique de Buitenzorg; vol. VII, p. 141).

(4) Treub : *Nouvelles recherches sur le Myrmecodia de Java* (*Myrmecodia tuberosa* Beccari. non Jack) (Annales du jardin botanique de Buitenzorg, vol. VII, p. 191).

que c'étaient les fourmis elles-mêmes qui avaient provoqué la formation des tubercules et creusé les galeries, et que, de plus, la plante ne pouvait vivre sans être associée aux fourmis. Dans un premier mémoire, M. Treub avait montré que les tubercules se formaient et se creusaient sans le secours des fourmis et que la plante développée pouvait continuer à vivre et à prospérer après avoir été abandonnée par ses hôtes.

Dans son second mémoire, M. Treub apporte de nouveaux arguments à l'appui de ses conclusions. Au lieu d'observer les *Myrmecodia* croissant spontanément en plein air, il a fait germer des graines sous cloche et à l'abri des fourmis. Il a ainsi constaté que les tubercules se formaient et se creusaient de galeries qui s'ouvraient vers l'extérieur sans l'intervention de la moindre fourmi. Cette expérience paraît résoudre d'une façon définitive la question de la symbiose du *Myrmecodia* et des fourmis. Les fourmis utilisent seulement les habitations que lui offre le Myrmecodia sans rendre à leur hôte de bien grands services.

M. Treub explique ensuite le rôle des tubercules indépendamment des fourmis. Les tubercules sont des réservoirs d'eau qui peuvent se remplir par l'ouverture des galeries intérieures. La surface externe du tubercule étant dépourvue de stomates et de lenticelles, l'eau ne s'évapore pas et se conserve pour les besoins de la plante.

Terminons cette revue en mentionnant un nouveau traité d'anatomie, dont M. Tschirch (1) vient de faire paraître le premier volume. Cet ouvrage ne renferme pas seulement les applications de l'anatomie comme son titre paraît l'indiquer; le premier volume, qui comprend l'anatomie générale, est au courant de toutes les récentes découvertes de la biologie cellulaire. Les parties constitutives de la cellule sont d'abord étudiées en détail ; puis l'auteur passe en revue les différents tissus classés d'après leur fonction. L'épiderme, le tissu conducteur, le tissu secondaire, le tissu aérifère, le tissu de réserve et le tissu sécréteur font l'objet de chapitres spéciaux.

L'ouvrage de M. Tschirch sera surtout utile aux botanistes et aux professeurs par le grand nombre de figures qu'il renferme. L'auteur ne s'est pas contenté, comme beaucoup d'autres, de reproduire des figures déjà publiées ; il a ajouté sur les sujets les plus difficiles des dessins entièrement originaux. Le chapitre concernant le tissu sécréteur notamment pourra fournir au lecteur des indications qu'on chercherait vainement même dans les mémoires originaux.

A côté des figures d'après nature, M. Tschirch n'a pas craint de mettre des schémas. Trop souvent les auteurs de grands ouvrages oublient qu'ils ne s'adressent pas uniquement aux savants, il leur suffit d'être exacts et complets ; M. Tschirch a cherché à être compris, on doit lui en savoir gré.

Leclerc du Sablon.

(1) Tschirch : *Angewandte Pflanzenanatomie. — Erster Band, allgemeiner Theil. Grundriss der Anatomie*, 548 pages, 614 figures.

REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS, PUBLIÉS EN 1888

I. — Maladies parasitaires.

Les maladies parasitaires produites par les Champignons deviennent de jour en jour plus nombreuses et la nécessité de leur étude s'impose maintenant à tous les pays civilisés. Des expériences ruineuses ont appris à tout le monde quels dangers peut courir la fortune d'un pays quand un Cryptogame s'attaque aux plantes de grande culture et surtout à la Vigne. Cette dernière a été, depuis le milieu de ce siècle, atteinte par plusieurs parasites qui ont été de véritables fléaux. Son histoire, qui est des plus instructives, a été exposée avec beaucoup de soin récemment par M. Prillieux (1) qui a rappelé comment, depuis 1845, l'Oïdium, le Phylloxéra (parasite animal) et le Mildew ont dévasté les vignobles et ont été successivement combattus avec efficacité. L'emploi du soufre a fait disparaître depuis longtemps l'Oïdium; le sulfure de carbone, les sulfocarbonates, la submersion, la culture dans les sables, le greffage des ceps français sur les Vignes américaines permettent maintenant de lutter contre le Phylloxéra; enfin le traitement par les sels de cuivre est tout à fait efficace contre le Mildew. Grâce à ces remèdes, on peut dire que les vignobles se reconstituent partout dans les plaines du Midi où les deux derniers parasites avaient tout détruit pendant ces dernières années.

Malheureusement, depuis 1885, une nouvelle maladie encore importée d'Amérique, le Black-rot (2), a fait son apparition sur les Vignes de France. Le parasite qui la produit est le *Phoma uvicola* qui, signalé d'abord au pied des Cévennes, s'est étendu dans toute la vallée de la Garonne. M. Prillieux a entrepris le traitement de cette maladie par le sulfate de cuivre; une expérience faite cette année à Aiguillon, près de l'embouchure du Lot, a donné des résultats décisifs. Trois rangées de vignes ont été prises comme témoins; le 8 juin les taches du Black-rot y apparaissaient, le 12 juillet le mal atteignait les raisins et quatre jours après tout était perdu, il resta à peine un grain sur cent. Trois rangées de Vignes traitées par la bouillie bordelaise et deux par l'eau céleste, ont montré qne les deux traitements ont été très efficaces, surtout le premier.

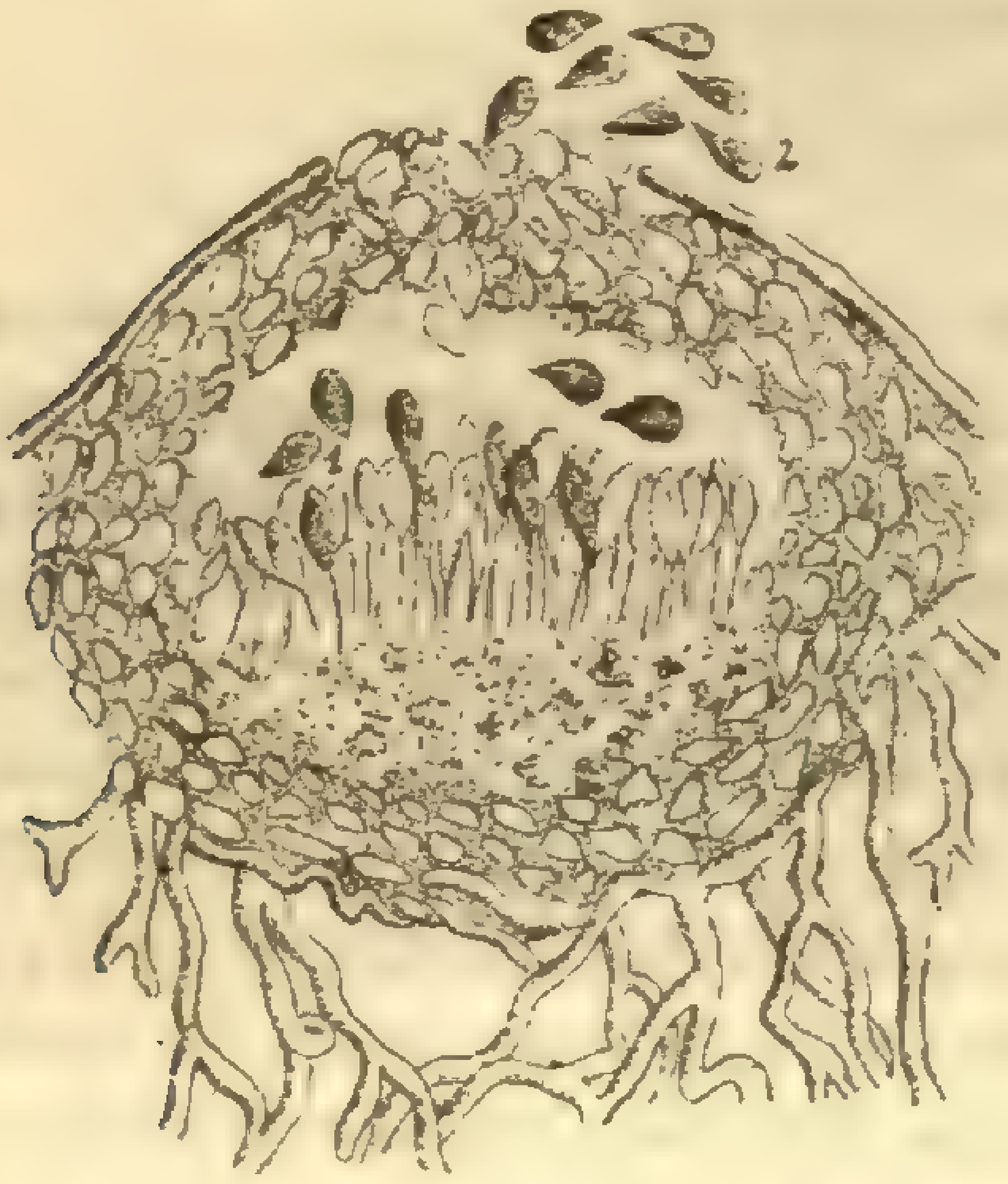
Ce mal redoutable ne s'étendra donc pas s'il est bien traité dès son appa-

(1) Prillieux : *Les maladies de la vigne en* 1887 (Sess. crypt. des soc. Bot. et Mycolog., p. 7).

(2) Roumeguère : *Extension du Black-rot dans le midi de la France* (Rev. Mycol. IX, p. 17 et Prill., *loc. cit.*).

(3) Prillieux : *Rapp. au Ministère de l'Agriculture*, 28 juillet 1888 (Rev, Mycol. X, p. 200).

rition et si les viticulteurs n'attendent pas qu'il ait tout ravagé pour se décider à le combattre. Leur vigilance doit être d'autant plus en éveil que l'extension du *Coniothyrium Diplodiella* commence à inspirer des craintes très grandes. Ce Champignon, signalé en 1878 en Italie, a été observé en France en 1887 et s'est étendu en 1888 d'une manière très inquiétante (1). On le désigne sous le nom de White Rot ou de Rot blanc; il se présente,



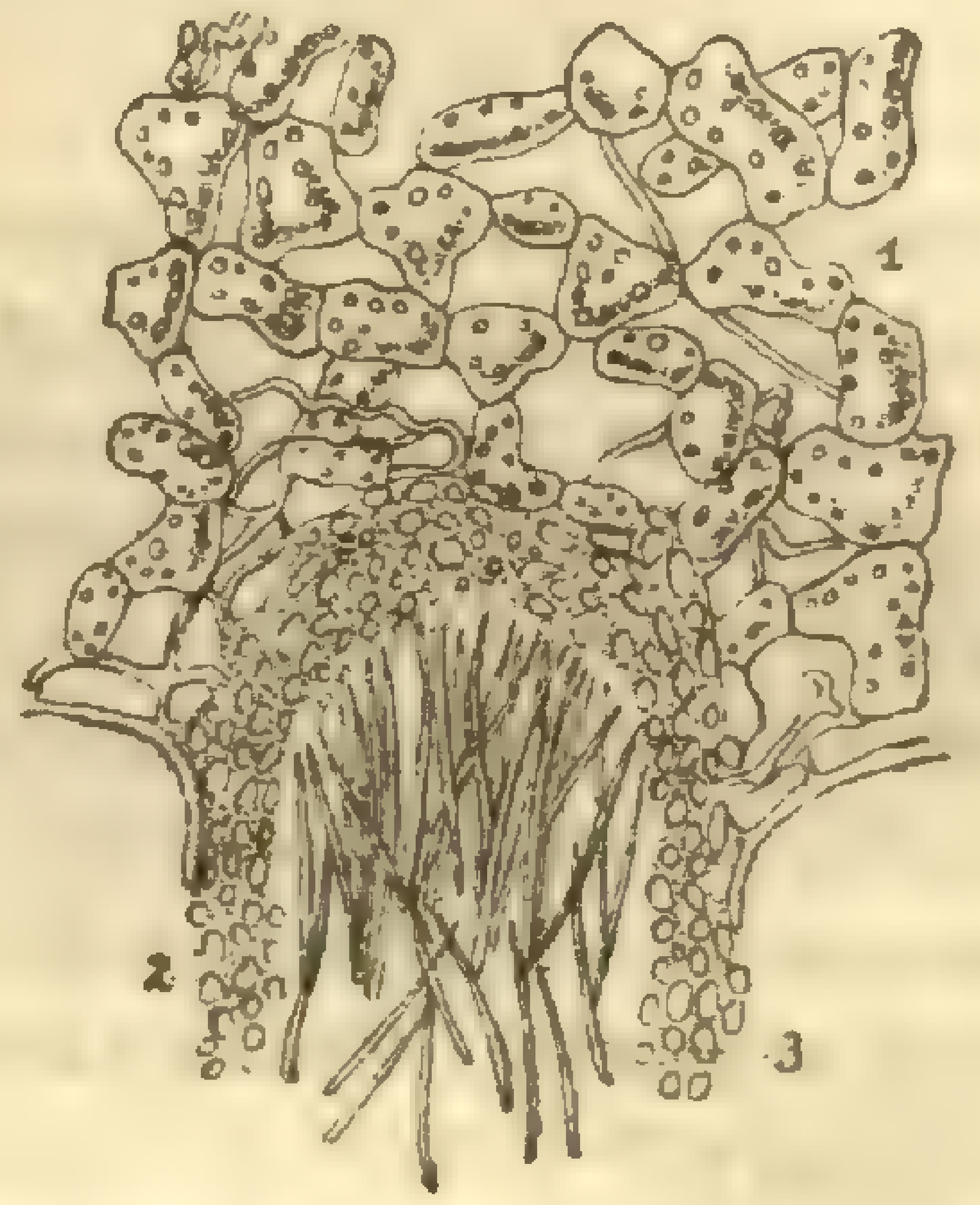


Fig. 8 et 9. — Fig. 8 (A gauche) : Rot blanc, *Coniothyrium Diplodiella ;* 1, spores encore enfermées dans le conceptacle, les unes incolores, les autres noires; 2, spores sorties du conceptacle (d'après Foex et Ravaz). — Fig. 9. (A droite). Mélanose, *Septoria ampelina*; 1, tissu lacuneux de la feuille attaquée par le Champignon ; 2, conceptacle ouvert ; 3, spores (d'après Viala et Ravaz).

comme le Black-rot, sous la forme de bouteille à stylospores (fig. 8), mais ses spores sont noires au lieu d'être incolores (2). La forte enveloppe des spores rendra peut-être la destruction du parasite difficile, et le traitement cuivrique ne paraît pas efficace d'après diverses observations qui ont été faites dans la Haute-Garonne.

Signalons enfin une dernière maladie de la Vigne, qui n'est pas bien grave heureusement, étudiée par MM. Viala et Ravaz sous le nom de *Mélanose* (3). L'existence de cette maladie a été démontrée expérimentalement par ces deux botanistes et isolée parmi les nombreuses formes pathogéniques confondues sous le nom d'Anthracnose. La Mélanose est produite par le *Septoria ampelina* (fig. 9) trouvé autrefois par Berkeley et Curtis sur les Vignes sauvages de la Caroline et du Texas. Elle est commune dans le Midi, les feuilles atteintes jaunissent, mais elles sont rarement

(1) Roumeguère : *Le Rot blanc dans la Haute-Garonne et le Tarn en* 1888 (Rev. Mycol., X, p. 203). Le mal sévit sur les vignes américaines et sur les vignes françaises ; un grand découragement règne dans la région.

(2) Voir Prillieux *loc. cit.*, Foex et Ravaz : *Mémoire sur le Coniothyrium Diplodiella* (Annales de l'École Nationale d'Agricult. de Montpellier, t. III, p. 304) et Cavara; voir plus loin. Baccarini : *Appunti per la Biologia del Coniothyrium Diplodiella* (Malpighia, II fasc. VI et VII et VIII, p. 325).

(3) Viala et Ravaz : *Maladies de la vigne. La Mélanose* (Septoria ampelina Berk. et Curtis) (Revue Mycolog., t. X, p. 193 avec deux figures).

détruites et comme leur nombre est toujours peu élevé, il en résulte peu d'affaiblissement dans la souche.

Ce dernier exemple et beaucoup d'autres montrent que presque toutes les maladies parasitaires qui se sont étendues sur l'Europe depuis cinquante ans ont été importées d'Amérique. Il est donc utile de connaître tous les fléaux qui ravagent la Vigne dans ce pays. On consultera avec intérêt le rapport de M. SAMSON SCRIBNER sur les maladies fungiques de la Vigne en Amérique (1). Il signale le *Downy Mildew* produit par le *Peronospora viticola;* le *Powdery Mildew* causé par l'*Uncinula spiralis*, le *Black-rot* dû au *Physalospora Bidwellii* (forme parfaite du *Phoma uvicola* qui vient d'être observée en France (2)); l'*Anthracnose* dont le parasite est le *Sphaceloma ampelinum;* le *Grape leaf spot* attribué à la présence du *Phyllosticta Labruscæ* et le *Grape leaf blight* en relation avec le *Cercospora viticola* (3).

Il est utile, d'une façon générale, de connaître tous les parasites ou saprophytes que l'on peut rencontrer sur la Vigne, même quand ils ne produisent aucune maladie. Cette étude, aujourd'hui spéculative, pourra avoir demain une importance pratique considérable. Aussi devons-nous signaler le travail de M. CAVARA (4) sur ce sujet. Parmi ces espèces nouvelles rencontrées par l'auteur, il y a des Sphériacées (5), des Sphéropsidées (6), des Mélanconiées (7) et des Hyphomycètes (8), dont les noms, maintenant inconnus, seront peut-être dans toutes les bouches dans quelques années (9).

Les maladies des Vignes sont combattues par bien des procédés que le hasard a souvent fait découvrir; aussi doit-on noter toutes les observations nouvelles sur cette question. M. CHATIN (10) a observé dans l'Isère (à Meyzieux) un vignoble qui a résisté à l'attaque des parasites de la Vigne par la combinaison d'une taille spéciale (taille à longs bois triennale avec pincements anticipés) et d'un engrais dans lequel entrent du phosphore granulé, des produits à base d'azote, de potasse et de chaux. Les plantes

(1) Samson Scribner : *Report on the fungus diseases of the grape Vine* (23 pages, 7 planches).

(2) Prillieux : *Production des périthèces de Physalospora Bidwelli au printemps sur les grains de raisin attaqués l'année précédente par le Black rot* (Bull. Soc. Mycolog., t. IV, 3e fasc.).

(3) Consulter aussi de Scribner : *Report of the chief of the section of vegetable pathology*. Washington 1888 in-8°, p. 320, 397. Ce Rapport indique les parasites qui ont affecté pendant l'année 1887, les principales cultures américaines et principalement la Vigne.

(4) Cavara : *Intorno al disseccamento dei grappoli della vite* (Istituto botanico della R. Universita di Pavia. Laboratorio crittogamico italiano Milan, 1888).

(5) *Physalospora baccae*, n. sp.

(6) *Phoma lenticularis*, n. sp., *Macrophoma reniformis* syn. *Phoma reniformis*, Viala et Ravaz, *M. flaccida*.

(7) *Glæosporium Physalosporae*, n. sp., et *Pestalozzia viticola*, n. sp.

(8) *Napicladium pusillum*, n. sp. *Alternaria vitis*, n. sp., *Briosia ampelophaga*, genre nouveau et *Tubercularia acinorum*.

(9) Voir également Berlese : *Sopra due parassite della Vite per la prima volta travati in Italia* (Nuovo Giornale bot. ital. XX, n° 4, p. 441). *Melanconium fuligineum* ou *Greeneria fuliginea*, Scribner et Viala et *Ascochyta rufo-maculans* Berk.

(10) Comptes rendus de l'Acad. des sc., 10 sept. 1888.

ainsi traitées résistent au Phylloxera et au Mildew. Cette observation semble justifier une prévision formulée par M. Raulin dans ses belles études chimiques sur la végétation, à savoir que l'emploi rationnel des engrais serait, non seulement le plus sûr moyen d'assurer à chaque culture son rendement maximum, mais aussi de prévenir les épidémies.

On sait que l'on combat le Phylloxéra par l'emploi des Vignes américaines. Voici, à ce sujet, quelques faits indiqués récemment par M. MILLARDET (1). Presque partout dans le Midi (surtout dans le Gard, l'Hérault et le Var) l'emploi des porte-greffes américains a donné de magnifiques résultats, la production est d'un quart ou d'un tiers au moins plus forte qu'avant l'invasion phylloxérique (2). Ces résultats s'appliquent aux plaines, mais sur les plateaux à sol aride, la récolte restant faible, il a fallu modifier le procédé; en pratiquant des irrigations convenables on voit la récolte changer complètement et devenir au bout d'une année six fois, au bout de trois ans quinze fois plus abondante. Enfin dans les mauvais sols où les Vignes américaines pures ne viennent pas, M. Millardet conseille l'emploi d'hybrides franco-américains comme porte-greffes; il est arrivé à obtenir un certain nombre d'hybrides dont les racines résistent au Phylloxéra et dont les tiges portent des grappes jouissant des qualités des Vignes françaises (3). Grâce à ces hybrides, on peut être certain aujourd'hui d'obtenir, dès la première génération, soit des porte-greffes d'une résistance assurée et d'une adaptation plus facile que ceux qu'on possède jusqu'ici, soit des producteurs directs qui résisteront plus facilement au Phylloxéra, au Mildew et aux autres parasites végétaux.

La récolte a montré cette année l'efficacité des remèdes employés contre les maladies de la Vigne. Les sels de cuivre sont maintenant utilisés presque partout (4). Le même traitement peut s'appliquer à d'autres maladies. MM. MILLARDET et GAYON (5) d'abord, M. PRILLIEUX (6) ensuite, ont démontré que l'on pouvait combattre la maladie de la Pomme de terre et celle des Tomates par le même procédé. Le *Phytophthora infestans* qui attaque ces deux végétaux est d'ailleurs une Péronosporée très voisine du *Peronospora viticola*.

Les tubercules de la Pomme de terre sont quelquefois attaqués par un autre parasite qui a été observé pour la première fois par M. BRUNCHORST (7);

(1) Millardet : *Notes sur les vignes américaines.* Série III, 1888.

(2) Les meilleurs porte-greffe sont les *Riparia*, puis les *Solonis*, les *York* et les *Jacquez.*

(3) Il en cite quatre : *Columband et Rupestris-Martin, Émily et Rupestris-Ganzin, Emily et York-Madeira, Oporto et Columband.*

(4) Martinotti : *Saggio di alcune esperienze contra la Peronospora* (La stazioni sperim. agrarie italiana XIV, p. 20), recommande l'action de l'acide borique et du soufre.

(5) Millardet et Gayon : *Considérations raisonnées sur les divers procédés de traitement du Mildiou par les composés cuivreux, suivies d'une note sur le traitement de la maladie de la Pomme de terre et de la Tomate*, 1887. Bordeaux.

(6) Prillieux : Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 20 août 1888.

(7) Brunchorst : Bergens Mus. Aarsberetning, 1887, p. 219, 1 pl.

c'est un Myxomycète voisin des *Plasmodiophora* auquel l'auteur donne le nom de *Spongospora Solani*. Il se manifeste par des taches noirâtres que recouvre le périderme du tubercule.

Les arbres fruitiers sont également atteints par des parasites, mais les maladies qu'ils produisent paraissent moins importantes et leur extension est restée faible jusqu'ici. On ne peut cependant les négliger. M. Frank (1) a le premier signalé, il y a quelques années, une épidémie qui sévissait sur les Cerisiers ; elle était produite par le *Gnomonia erythrostoma* et ne s'étendait que sur les bords de l'Elbe dans l'Altenland. Après avoir bien décrit le

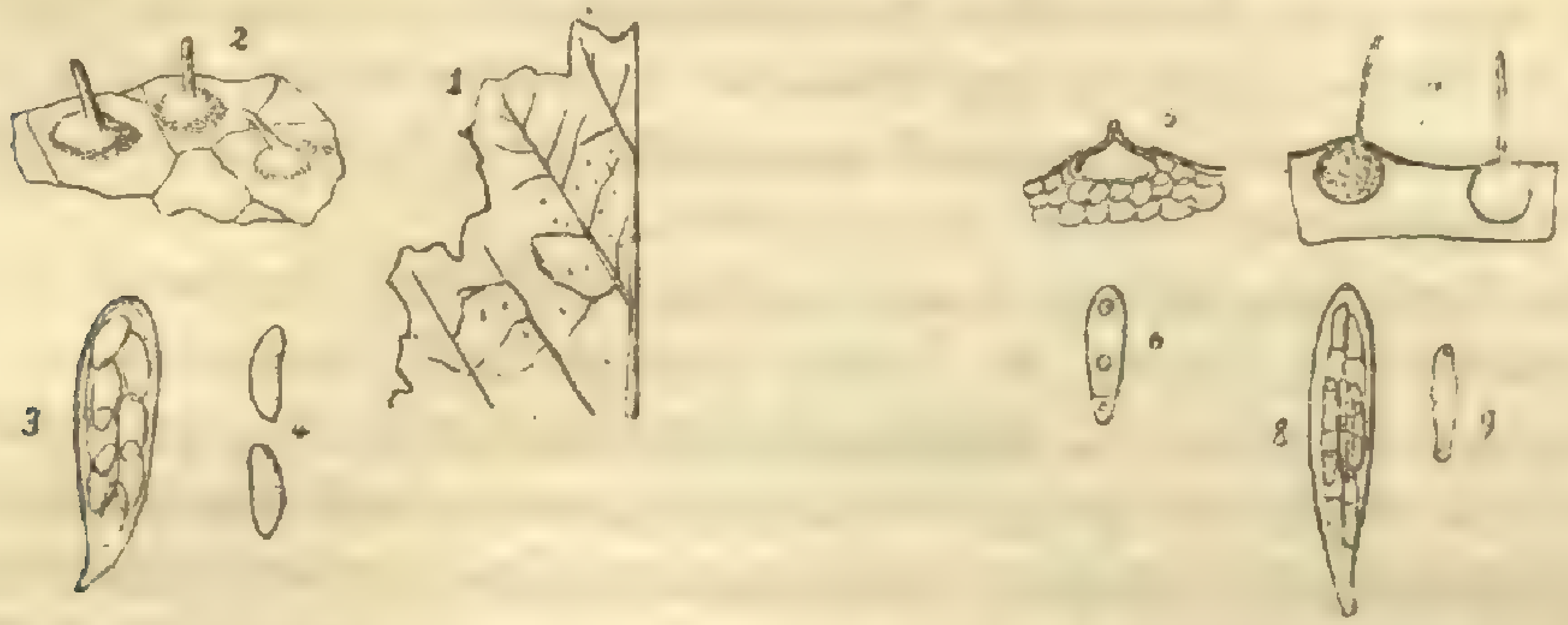


Fig. 10. — 1, 2, 3, *Gnomonia tubæformis ;* 1, aspect de la feuille couverte de petits périthèces ; 2, périthèces grossis avec un long col ; 3, asque ; 4, spores unicellulaires ; 5, 6, *G. erythrostoma ;* 5, périthèce ; 6, spore bicellulaire ; 7, 8, 9, *Gnomonia Cerasi :* 7, périthèce ; 8, asque ; 7, spore bicellulaire (d'après Winter et Saccardo).

Champignon (voyez fig. 10) et démêlé les causes particulières favorisant son extension dans ce pays, il a indiqué un procédé simple permettant de le combattre. Il suffisait de brûler les feuilles tombées à terre ou restées sur l'arbre. Grâce à des mesures de police, cette méthode a été appliquée en grand et les résultats obtenus cette année établissent d'une manière nette son efficacité.

M. Frank s'est proposé de rechercher si le même Cryptogame n'existerait pas en d'autres pays. Il a pu recueillir des preuves de sa présence sur les bords du Rhin, dans la Thuringe, dans le Wurtemberg, en Autriche, en Italie, etc. Si ce Champignon, qui est donc très répandu dans le centre de l'Europe, n'y cause pas les mêmes ravages que sur les bords de l'Elbe, cela tient à la différence des méthodes de culture des arbres fruitiers. Il deviendra peut être un jour épidémique là où il n'est que sporadique, aussi est-il utile d'enregistrer le bon résultat obtenu par la méthode de l'auteur.

M. Vuillemin a conseillé également la combustion des feuilles attaquées par un autre parasite, qui sévit sur les Amygdalées en Lorraine (2). C'est encore un Ascomycète, l'*Ascophora Beyerinckii*, qui se développe sur les Ce-

(1) Frank : *Ueber die Verbreitung der die Kirschbaumkrankheit verursachenden Gnomonia erythrostoma* (Hedwigia, 1888, p. 18).

(2) Vuillemin : *Sur une maladie des Amygdalées observée en Lorraine en* 1887 (Sess. crypt des soc. Bot. et Mycolog., p. XLI). — *A. Beyerinckii et la maladie des Cerisiers* (Journ.de Botanique, I, p. 255 avec 2 figures).

risiers, Pruniers, Abricotiers et produit sur les feuilles des perforations si nombreuses que les individus se dessèchent et que la récolte est perdue. Plusieurs organes de conservation ou de reproduction facilitent la propagation de la maladie.

1° Dans la feuille, le Champignon forme sous la cuticule des amas de cellules polyédriques qui germent au mois de juin en produisant de courts filaments terminés par des conidies pluricellulaires qui se font jour à travers la cuticule. Sous cet état, la plante avait été décrite par Beyerinck (qui lui attribuait la gommose des Amygdalées) et nommée par Oudemans *Coryneum Beyerinckii*. Ces conidies germent très facilement dans les milieux nutritifs ; aussi contribuent-elles puissamment à l'extension de l'épidémie.

2° Un deuxième appareil reproducteur s'observe encore sur la feuille. Sous l'épiderme dorsal, il apparaît une croûte de cellules polyédriques aux dépens de laquelle se forment des pycnides.

3° Enfin, l'auteur a découvert sur les fruits desséchés de bonne heure et encore attachés à l'arbre, la forme parfaite qu'il rattache au genre *Ascophora* sous le nom d'*A. Beyerinckii*. Sur ces fruits, il a pu également observer, soit des kystes qui germent au printemps, soit des tubercules de conservation composés de spores hibernantes. Ces derniers appareils peuvent évidemment résister à un hiver très rigoureux et propager la maladie au printemps suivant.

Il sera donc indispensable non seulement de brûler les feuilles, mais aussi les fruits et d'arroser au printemps les rameaux inférieurs de la plante avec du sulfate de cuivre.

Une autre maladie des arbres fruitiers, Pommiers et Poiriers, est très commune aux États-Unis, elle est heureusement inconnue jusqu'ici en Europe. Elle a été observée par les Américains depuis 1817, mais elle n'a pris une grande extension que vers 1844. D'après M. Arthur (1), qui adopte l'opinion de M. Barril, c'est à une Bactérie qu'il faut attribuer les grands ravages décrits ; il l'appelle *Micrococcus amylovorus*. Elle se montre sous forme de globules ronds présentant des spores quand les conditions de développement ne sont pas favorables; elle se cultive sur la gélatine, sur la pomme de terre. Il serait très intéressant de vérifier les faits exposés dans ce mémoire.

On conçoit, d'après ce qui précède, combien est utile un travail donnant la liste des Champignons qui se développent sur chaque arbre fruitier. C'est ce que M. von Thuemen (2) a réalisé pour 77 espèces d'arbres à fruits. Ce précieux répertoire comprend 4202 espèces de Champignons que l'on trouvera sur la tige, la feuille, la fleur. La Vigne est envahie par 322 Champignons, le Pommier par 238, le Châtaigner 311, le Noisetier 288, etc.

J. Costantin.

(1) Arthur, *History and Biology of Pear Blight* (Proceedings of the Philadelph. Acad. of sc.). Voir aussi Report of the Bot. to the New-York agricult. experiment. station. Geneva. Albany.

(2) Von Thümen : *Die Pilze der Obstgewaechse. Namentliches Verzeichniss aller bisher bekannt gewordenen und beschriebenen Pilz-Arten*. Vienne.

(*A suivre.*)

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

INTRODUCTION.

Mon intention, en entreprenant ce travail, a été d'observer et de décrire les variations que subissent, avec l'âge et avec les conditions externes de végétation, les différents membres d'une plante annuelle.

Les recherches sur le poids frais et le poids sec des plantes sont nombreuses; elles sont loin d'être complètes. La plupart, poursuivies par les agronomes dans un but surtout pratique, ont porté sur les Graminées. Les auteurs qui se sont occupés des autres plantes à un point de vue purement scientifique, tantôt ont simplement comparé, à une époque donnée, les différents membres entre eux, tantôt ont suivi la plante dans son développement, mais à des intervalles très éloignés, et sans insister sur les variations de chaque organe végétatif, pris en particulier.

Les résultats obtenus sont donc à la fois incomplets et disséminés. C'est pourquoi il m'a semblé utile de reprendre cette étude dans des conditions d'observation plus favorables et plus précises, et de relier les uns aux autres tous ces résultats en suivant, pour ainsi dire, jour par jour, la marche de la végétation dans les organes de plusieurs plantes.

Quant aux causes externes qui peuvent, en dehors des conditions normales, influer sur le poids frais ou sec du végétal, ces causes : tantôt arrêtent complètement l'assimilation soit

du carbone soit des sels; tantôt ne font que modifier cette assimilation.

Cette question des conditions plus ou moins favorables à l'assimilation est complexe, et, sur bien des points, encore obscure. Le rôle de chaque sel, l'*influence de sa proportion*, l'*action* de l'azote sont autant de questions encore mal résolues, et toujours discutées. Nous n'envisagerons ici que les deux cas extrêmes de l'influence du milieu : celui où la plante, placée dans l'obscurité, ne peut assimiler de carbone par fonction chlorophyllienne; et celui où la plante, poussant dans l'eau distillée, ne peut vivre qu'aux dépens des sels de la graine.

Nous n'entreprendrons cette seconde partie de notre étude qu'après avoir recherché ce que devient dans chacun de ses organes et dans son ensemble une plante vivant dans des conditions normales de végétation.

I. — Historique.

Th. de Saussure est le premier dont les travaux sur la partie de la végétation que nous étudions ici aient quelque importance, et les recherches ultérieures n'ont souvent fait que confirmer les vues émises par ce savant. Avant de Saussure, Kirwan et Ruckert avaient trouvé que les plantes herbacées fournissent, à poids égal, plus de cendres que les plantes ligneuses; et Pertuis, reprenant l'étude de ces dernières, avait montré que le tronc des arbres produit moins de cendres que les branches, et celles-ci moins que les feuilles.

Th. de Saussure (1) en 1804, précisa plus encore ces quelques données, en remarquant que les cendres augmentent continuellement dans les feuilles vivantes, et diminuent quand ces feuilles vieillissent. Dans la plante, prise en totalité, la proportion des cendres augmente avec l'âge, mais cette augmentation n'est qu'apparente, et due à la perte d'eau de végétation; en réalité, les cendres diminuent à mesure que la végétation s'avance. La

(1) Th. de Saussure : *Recherches sur la végétation*, 1804.

cause de ce fait doit être sans doute attribuée à la chute ou au dépérissement des feuilles.

Quant à la plus ou moins grande abondance de ces cendres, de Saussure fait observer que les parties qui transpirent le plus sont précisément les parties chargées de sels; il relie la quantité des sels à la rapidité de la transpiration. Remarquons que nous rappelons ici tous ces résultats à un point de vue historique, et sans les discuter.

La question de la quantité d'eau de végétation a été laissée de côté par de Saussure. « Cette eau de végétation, dit-il, varie tellement suivant la constitution particulière de chaque individu d'une espèce, suivant l'âge et le climat, qu'il convient, avant tout, d'écarter cette source d'erreur. »

En ce qui concerne la substance sèche, de Saussure ne s'en est surtout occupé que pendant les premiers temps de la végétation, pendant la germination. Le premier, il constata que la graine, en germant, perd de son poids sec. En faisant, dit-il, germer à l'aide de l'eau pure, en vase clos, une graine tout à fait desséchée, et en desséchant cette même graine après la germination, on trouve qu'elle pèse moins, même en lui rendant par le calcul le carbone qu'elle a perdu.

La graine a donc abandonné de l'eau fixée auparavant dans sa propre substance, mais cette eau, d'après de Saussure, n'est abandonnée que pendant le desséchement. Sa quantité varie avec la durée de dessiccation.

Quelques-uns de ces résultats de de Saussure seront contredits plus tard, mais beaucoup restent encore admis avec raison.

Après de Saussure, Boussingault (1), vers 1840, reprit cette étude de la végétation, et nos connaissances actuelles sur ce sujet sont dues, sans contredit, en grande partie, aux deux premiers savants qui s'en occupèrent. De Saussure avait constaté une perte de poids dans la graine qui germe. Boussingault montra que cette perte de poids était représentée par une perte de car-

(1) Boussingault : *Économie rurale.*

bone, et une perte d'hydrogène et d'oxygène. Plus tard, la plante gagne, et le gain peut se traduire :

Pour le Trèfle, élevé dans un sol privé d'engrais, par un gain de carbone, d'hydrogène et d'azote ;

Pour le Blé élevé dans les mêmes conditions, par un gain de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Il n'y a ici ni gain ni perte d'azote.

Peu après (1840), Boussingault reconnut que la perte d'hydrogène et d'oxygène pendant la germination et le gain de ces deux éléments pendant la végétation se produisaient dans les proportions voulues pour former de l'eau.

En ce qui concerne les plantes élevées dans un sol renfermant des sels, Dumas et Boussingault (1) admettent, comme de Saussure, que la quantité des sels de la plante est liée à la rapidité de l'évaporation.

Oudemans et Rauwenhoff (2), en 1859, divisèrent en deux parties leurs études sur les phénomènes chimiques pendant la germination des graines. La première partie, sortant du sujet qui nous occupe, traite des changements apportés dans l'atmosphère pendant la germination. Dans la seconde partie, les auteurs décrivent les transformations produites dans la graine même.

Ils constatent de nouveau une perte de poids qui augmente avec les progrès de la germination. L'eau qui se forme pendant la germination se produit plus tard que l'acide carbonique. Il s'en forme d'abord moins que de celui-ci, mais sa proportion augmente ensuite plus rapidement.

On n'est pas autorisé, d'après ces auteurs, à établir que le contenu relatif en carbone augmente par ce motif que l'oxygène serait dégagé en proportion plus forte. C'est ce qui a lieu pour quelques graines, mais on observe l'inverse dans le Navet et le Trèfle. L'amidon diminue constamment pendant la germination.

Dans ses *Recherches physiologiques sur la germination du*

(1) Dumas et Boussingault : *Essai de statique chimique des êtres organisés*, 1841.

(2) Oudemans et Rauwenhoff : *Phénomènes chimiques pendant la germination des graines* (Annales des sciences naturelles, 1859).

Phaseolus multiflorus publiées la même année, M. Sachs suit les migrations et les transformations de différentes matières de la graine.

L'amidon, quittant les cotylédons, se distribue dans le premier entre-nœud de la tige et dans la racine. Les cellules du parenchyme cotylédonnaire perdent d'autant plus rapidement cet amidon qu'elles sont plus éloignées des faisceaux.

Cet amidon est abondant dans l'entre-nœud hypocotylé. Quand les racines secondaires commencent à apparaître, on ne le rencontre que dans cet axe hypocotylé et dans les cotylédons.

Quand un entre-nœud va s'allonger, l'amidon est transformé ; il est remplacé par du sucre qui, lui-même, disparaît quand l'allongement est terminé.

Nous ne ferons que signaler, comme datant de la même époque à peu près, les travaux de Corenwinder sur la végétation, qui sont surtout des travaux de pure physiologie sur la fonction des feuilles.

De 1862 à 1864, les recherches, fécondes en résultats, de Is. Pierre établissent, pour la première fois, croyons-nous, un fait qui sera, à plusieurs reprises, constaté plus tard : pendant les dernières semaines de végétation, le blé et le colza perdent une partie de l'azote qu'ils renfermaient avant la maturation des graines.

En 1864, parut un travail étendu de M. Gris (1) sur la germination. L'auteur y étudie, dans un certain nombre de plantes, telles que le Ricin, la Belle de Nuit, la Gourde, le Cytise, le Maïs, les modifications chimiques et anatomiques qui se produisent dans les cotylédons et dans l'axe hypocotylé. Nous n'avons à retenir ici que le rapprochement fait par M. Gris (1) entre ces deux organes : les cotylédons et l'axe hypocotylé. Nous aurons en effet l'occasion de revenir sur ce rapprochement.

C'est surtout à partir de l'année 1874 que les recherches sur la constitution de la plante se multiplient.

Gelesnoff (1874) détermine la quantité et la répartition de l'eau

(1) Gris : *Recherches sur la germination* (Annales des sciences naturelles, 1861).

dans les plantes, et en particulier dans les plantes ligneuses (Pin, Bouleau, Peuplier, etc.) (1). D'une façon générale, la quantité d'eau augmente de la base à une certaine distance du sommet. Au sommet même, la proportion de substance sèche est plus grande.

Knop (1875) (2) porte ses recherches sur les degrés de concentration des solutions nourricières favorables à la végétation. Il trouve que la moyenne la plus favorable est généralement 2 p. 1000. La formation de la matière sèche augmente avec la quantité du liquide nourricier absorbé, celle-ci dépend du développement des racines et des feuilles. Enfin les quantités de matières minérales dans les plantes augmentent avec la durée de la végétation.

En 1876, 1877 et pendant quelques années suivantes, MM. Dehérain et Nantier (3) poursuivent de nombreuses recherches sur le développement de l'avoine. MM. Marié-Davy et Lévy, en 1875 et 1876 (4) avaient obtenu sur les Graminées les mêmes résultats que précédemment Is. Pierre, et observé que pendant les derniers temps de végétation la substance sèche diminue. MM. Dehérain et Nantier constatent le même fait sur l'avoine, dont le poids frais et le poids sec s'abaissent notablement à la fin de la maturation.

Mais, tandis que MM. Marié-Davy et Lévy inclinent à voir dans ce fait une excrétion par les racines, M. Dehérain combat, avec raison, cette opinion.

Le même auteur, en 1881, étend à un plus grand nombre de plantes ses observations sur cette question. Il constate, pendant la floraison, un gain de la plante. Après cette période, les plantes peuvent être, selon lui, rangées en trois catégories :

1° Les plantes qui diminuent de poids aussitôt après la floraison, et qui éprouvent un dépérissement graduel jusqu'à la mort ;

2° Les plantes qui éprouvent un affaiblissement traduit par la

(1) Gelesnoff : *Quantité et répartition de l'eau dans les organes des plantes* (Florence, 1876).

(2) Knop et Dworzak : *Recherches chimico-physiologiques sur la nutrition.*

(3) *Annales agronomiques.*

(4) Marié-Davy et Lévy : *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris.*

diminution de la matière sèche, mais qui conservent pendant la maturation assez de vigueur pour une recrudescence de végétation;

3° Les plantes qui continuent à augmenter de poids pendant qu'elles mûrissent leurs graines.

L'affaiblissement qui accompagne la naturation paraît être dû au transport de la matière azotée, des feuilles vers les graines.

La diminution des matières minérales s'explique, non par l'excrétion, mais par la chute ou la destruction des organes qui les renfermaient.

Pendant les années 1878 et 1879, des recherches, en quelque sorte parallèles à celles de M. Dehérain sur l'avoine, avaient été faites : par Hofmeister, sur le trèfle rouge; par Oswal, sur le maïs; par Moritz, sur la canne à sucre.

Des observations de Moritz sur cette dernière plante, il semblait résulter que le rapport du poids frais au poids sec est constant pour une certaine période.

Von Hœhnel (1878) constate, au contraire, dans les feuilles des plantes herbacées, une variation dans la quantité d'eau suivant la phase du développement. Cette quantité d'eau atteint un premier maximum dans les jeunes feuilles, puis diminue jusqu'à un minimum coïncidant avec le développement moyen des feuilles, pour augmenter de nouveau jusqu'au jaunissement.

Un travail de R. Pott (1) sur les rapports de croissance dans les Légumineuses se rapporte plus directement au sujet de notre étude. D'après les observations de Pott, faites sur les Vicia :

La plante augmente de poids jusqu'à la fin. Cette augmentation atteint son maximum au commencement de la maturation, et son minimum après le commencement de la floraison.

Après la floraison, le gain se fait au compte des gousses. La plus grande absorption de substances minérales a lieu au commencement de la maturation. Ces substances sont absorbées jusqu'à la maturité, et en grande quantité dans la première période du développement de la plante.

(1) R. Pott : *Untersuchungen über die Wachsthumsverhältnisse der Leguminosen* 1880 (Die landw. Versuchstationen von Nobbe, V, 25).

Plus les feuilles sont vieilles, plus elles sont pauvres en matières minérales.

Les plantes mûres montrent une perte de poids, qui s'explique par la chute de quelques parties de la plante.

Sur ce dernier point, Pott s'accorde donc avec M. Dehérain. Les autres résultats fournissent déjà des données intéressantes, mais trop générales aussi bien au point de vue des époques de végétation qu'à celui des organes de la plante.

Il nous reste enfin à citer les travaux plus récents (1884) de MM. Berthelot et André sur la végétation dans les Borraginées et les Amarantacées (1). En dehors de la partie plutôt chimique, il résulte de ce travail que le poids de la plante croît graduellement; mais, tandis que les feuilles avaient l'avantage au début de la végétation, elles le perdent peu à peu aux dépens de la tige. Celle-ci acquiert un poids égal à deux ou quatre fois celui des feuilles. La racine ne représente qu'un poids faible. Ces résultats sont intéressants sans aucun doute; mais ils ont le désavantage de n'être applicables qu'à la plante considérée, et de ne pouvoir être généralisés. Il est certain, en effet, que, dans beaucoup de plantes, le poids des feuilles l'emportera sans cesse sur celui de la tige, et que dans d'autres, comme le fait a déjà été constaté, le poids des racines sera très grand par rapport à celui de la plante.

Il nous semble, en résumé, qu'on peut classer en deux catégories les travaux importants publiés jusqu'à présent sur le poids, frais ou sec, des plantes :

1° Les travaux où les poids des différents organes sont comparés entre eux;

2° Les travaux où, pendant toute la vie végétative, la plante a été suivie dans son ensemble, chaque organe du végétal n'ayant été étudié qu'à des intervalles très éloignés.

C'est à l'étude approfondie de chacun de ces organes, placé dans différentes conditions, que nous nous appliquerons spécialement.

(1) Berthelot et André : *Recherches sur la végétation dans les plantes annuelles* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, août-septembre 1884).

II. — Méthode de recherches.

1° *Causes d'erreurs.* — Pour me rendre compte des variations de poids d'une plante pendant la durée de son évolution, j'ai suivi la méthode déjà employée par les auteurs qui se sont occupés de suivre ces variations : des graines sont mises à germer à la même époque dans les mêmes conditions ; un lot de ces plantes est pris de temps à autre, et la moyenne des résultats obtenus représente évidemment, avec une exactitude plus ou moins grande suivant les conditions dans lesquelles on s'est placé, l'état d'une seule et même plante qui aurait été prise et étudiée à ces mêmes périodes de végétation.

La principale cause d'erreur d'une semblable méthode est due aux variations individuelles. Une plante, par exemple, dont la végétation se sera trouvée retardée par une cause anormale quelconque, pourra nous amener à décrire dans l'évolution générale de la plante un arrêt qui, en réalité, ne se sera pas produit. Il est évident que cette cause d'erreur sera plus d'autant atténuée qu'il sera pris un plus grand nombre d'échantillons.

Dans chacune de ces expériences, je n'ai jamais étudié, en réalité, que deux plantes, mais ces expériences ont été faites à des intervalles si rapprochés (3 ou 4 jours), que le grand nombre des expériences diminuait les causes d'erreur dues au nombre restreint des échantillons. Du reste, des cultures des mêmes plantes, dans les mêmes conditions, ont été faites plusieurs fois à des époques différentes, et je n'ai reproduit que les résultats obtenus à plusieurs reprises dans ces cultures.

Dans les cas, très rares d'ailleurs, de divergence dans les résultats obtenus par deux plantes prises à la même époque, les données fournies par d'autres plantes, quelques jours avant ou après, permettaient toujours de reconnaître le cas normal. Quand les résultats étaient de tous points semblables, il ne pouvait subsister aucun doute sur leur valeur.

La même série de cultures ne peut fournir des renseignements rigoureusement exacts sur les variations de croissance en

poids dues à l'âge, car les conditions externes (température, éclairement, etc.) sont susceptibles de varier sans cesse pendant le temps que dure le développement de la plante. On serait alors exposé à attribue à l'âge de la plante des phénomènes dus, en réalité, à ces influences qui peuvent être considérables. Nous avons donc surtout, comme contrôle, comparé à la même époque, pendant le même temps, des plantes parvenues à des états différents de développement.

2° *Espèces étudiées.* — C'est sur le Lupin, plante à culture facile, que nous avons suivi le plus minutieusement les oscillations de la vie végétative. Des expériences comparatives ont été faites, pour les points essentiels de végétation, sur le Sarrazin, le Pois, la Fève et le Maïs.

Sans doute, il peut exister pour d'autres plantes des phénomènes un peu différents de ceux que nous observons sur celles-ci. Il nous semble toutefois légitime d'admettre que des phénomènes tels que la marche de l'accroissement en poids d'un organe végétatif rentrent, comme les phénomènes de croissance, dans cette partie de la physiologie qu'il est permis de considérer comme générale, et qui ne souffre, d'une espèce à l'autre, que de faibles variations.

Le rapport des poids des organes végétatifs entre eux, la proportion des cendres dans ces différentes parties sont des faits que l'on peut supposer très différents suivant les espèces, et nous ne nous en sommes que peu préoccupé. Nous croyons au contraire que, si l'intensité d'accroissement d'un organe peut varier avec la plante, la marche même de cet accroissement se fait suivant une loi déterminée.

On en trouve, au besoin, la preuve dans ce fait que, sur les points déjà connus de végétation, les recherches suivantes ont le plus souvent donné les résultats obtenus par les études d'autres plantes. Enfin, mon but n'est pas de donner une description complète de tous les phénomènes d'accroissement en poids, mais seulement de contribuer, autant que possible, à la connaissance de ces phénomènes.

3° *Dispositif employé.* — En dehors des troubles apportés dans les résultats par les variations individuelles, d'autres causes qui n'ont pas été généralement évitées, peuvent produire, dans les observations, des erreurs considérables.

L'une d'e les est due aux racines. On sait avec quelle force ces organes se fixent aux particules de terre, et comment, d'autre part, ils se ramifient abondamment en filaments souvent ténus. On peut dire qu'il est impossible, en pratique, d'obtenir, même par lavage, les racines et les radicelles complètes d'une plante déjà bien développée, qui a poussé dans la terre. Il est aussi impossible de connaître la quantité de racines qui est reste adhérente à la terre et a été emportée avec elle dans le lavage.

Pour remédier à cet inconvénient, les cultures ont été faites dans de la ponce concassée. Chaque plante est mise à germer et à végéter dans un vase en verre, rempli de fragments de ponce. On est assuré ainsi de n'enlever que les racines de la plante observée. De plus, il est toujours facile, à cause de la grosseur des morceaux de ponce, d'en séparer la racine, et de retrouver les parties qui seraient restées adhérentes.

L'emploi de la ponce présente un autre avantage : il permet de faire vivre la plante dans des conditions déterminées. A cet effet, la ponce desséchée a été imbibée d'une solution nourricière. Du reste notre intention n'étant pas d'étudier l'influence de chaque sel ou de sa proportion sur le développement, nous n'avons cherché qu'à réaliser les conditions reconnues, par des recherches précédentes, comme les plus favorables à la végétation.

Nous avons choisi la solution recommandée par Knop, et qui contient, pour un litre d'eau :

	gr.
Azotate de chaux	1,000
Phosphate de potasse	0,250
Azotate de potasse	0,250
Sulfate de magnésie	0,250

On ajoute ensuite, à la solution, du phosphate de peroxyde de fer, jusqu'à ce que la liqueur se trouble.

Cette solution n'a été employée que dans la proportion de 50 p. 100. Tous les sels, en effet, n'étant pas immédiatement absorbés, une partie reste dans la ponce; il se produirait donc, si on arrosait la ponce avec une solution concentrée, une accumulation de sels qui pourrait nuire à la plante.

Ce genre de culture a donné les résultats les plus satisfaisants. Les plantes se sont développées et ont produit des graines. On peut, de plus, assurer qu'elles se sont développées dans les mêmes conditions de nutrition.

Ainsi la culture dans la ponce nous permet de déterminer le poids exact des racines, de connaître les conditions de végétation, et de rendre ces conditions aussi semblables que possible.

4° *Poids sec des feuilles.* — Un autre poids, dont la détermination rigoureuse nous semble ne jamais avoir été faite, est celui des feuilles. Quand les dernières feuilles se développent, les premières se sont généralement flétries et sont tombées. De là une différence dans le poids sec, à laquelle on attribue quelquefois, par simple supposition, la diminution de la substance sèche.

Nous avons pris soin de recueillir, au fur et à mesure de leur chute, chacune de ces feuilles, ainsi que les cotylédons.

Nous avons pu, avec toutes ces précautions, obtenir avec certitude le poids complet de la plante.

5° *Poids sec initial des graines.* — Enfin une autre différence dans le poids sec des plantes recueillies à la même époque peut tenir à une différence première dans le poids sec des graines. Il y a là une cause énorme d'erreur, dont il faut tenir compte, surtout dans les premiers temps de végétation, quand les cotylédons sont encore adhérents.

C'est sans doute pour l'avoir négligée que M. Dehérain a rejeté l'étude du Lupin, qui, selon lui, présente des différences de poids trop grandes entre ses divers individus pour pouvoir fournir des résultats satisfaisants.

Cette cause d'erreur peut être négligeable pour les espèces qui, comme le Sarrazin, le Blé, l'Avoine, présentent des graines

très petites, dont le poids sec ne l'emporte sur le poids sec de la plante que pendant les premiers jours de germination. Elle a une influence considérable, au contraire, sur les résultats, pour les plantes dont le poids sec des graines peut varier environ, comme dans le Lupin, de 0gr,200 à 0gr,400; comme dans la Fève, de 1gr,650 à 2gr,500; comme dans le Maïs, de 0gr,250 à 0gr,450.

Nous avons maintes fois pu constater que ces plantes ne peuvent, en effet, être comparées si l'on ne considère que leurs poids absolus, tandis qu'elles fournissent, au contraire, des résultats concordants si l'on rapporte ces poids absolus au même poids de graine, 1 gramme par exemple.

Il nous faut donc connaître le poids sec de chaque graine que nous mettrons à germer.

Le rapport du poids sec au poids frais d'une graine dépend des conditions dans lesquelles s'est trouvée cette graine. Il est rare que le poids frais d'une graine reste invariable, même pendant une courte période; il augmente ou diminue suivant que la graine absorbe ou évapore de l'eau. Toutefois il est facile de s'assurer que des graines placées dans les mêmes conditions se comportent d'une façon assez semblable pour que le rapport du poids sec au poids frais soit le même dans toutes ces graines.

Ces faits, aisément établis par l'expérience, étant connus, il nous suffira, dès lors, si nous voulons avoir le poids sec de chaque graine mise à germer :

1° De déterminer son poids frais;

2° De faire, parmi les mêmes graines, plusieurs lots et, après avoir pesé chacun d'eux, de les laisser dans une étuve sèche, à 100°, jusqu'à dessiccation complète.

Le rapport du nouveau poids au premier permet de déterminer, pour chaque graine mise en expérience, et dont le poids frais est connu, le poids sec exact.

C'est ainsi qu'il a été fait pour toutes nos cultures, et il est bon de faire remarquer que le rapport du poids sec au poids frais doit être établi de nouveau chaque fois que de nouvelles cultures sont entreprises, même avec des graines dont le poids sec a été déterminé quelques jours auparavant. Le rapport des

deux poids varie en effet, généralement, d'une manière très sensible, d'un jour à l'autre. Il y a là une nouvelle cause d'erreur qui doit encore être évitée.

6° *Poids sec de chaque organe et comparaison des poids secs.* — Le poids sec de la graine étant ainsi déterminé, chacune de ces graines est mise vingt-quatre heures dans l'eau distillée. Cette précaution a pour but de hâter les premiers phénomènes de germination. Les graines, mises immédiatement dans la ponce, absorberaient, suivant les conditions inégales où le hasard pourrait les placer, des quantités d'eau inégales. Il en résulterait, comme nous avons pu du reste le constater, une germination plus ou moins rapide, et, pour certaines graines, une avance de plusieurs jours sur les autres. Or il est nécessaire ici de rendre la végétation de toutes ces plantes aussi semblable que possible.

Tous les trois ou quatre jours, comme il a déjà été dit, deux de ces plantes étaient déracinées. Chaque organe, après avoir été pesé, était porté dans une étuve à 110° et laissé jusqu'au moment où toute diminution de poids cessait de se produire.

Pour permettre de comparer tous les résultats entre eux, le poids sec de chaque organe pour un poids sec de graine connu a été chaque fois rapporté à 1 gramme de graine.

Supposons, par exemple, qu'une graine pesant sèche $0^{gr},200$ ait donné, après un certain temps, une plante pesant sèche $0^{gr},300$, et dont la racine, également sèche, pèse $0^{gr},100$.

Nous dirons que la plante pesait, pour 1 gramme de graine, $1^{gr},500$, et la racine, $0^{gr},500$.

Nous avons pu nous assurer que cette méthode, d'ailleurs rationnelle, fournissait des données bien plus comparables entre elles que les poids absolus des plantes et de leurs organes. Nous avons insisté sur ce point pour bien préciser le sens de cette expression, un peu abrégée : *le poids de la plante, pour 1 gramme de graine*, etc., qui reviendra nécessairement à chaque page de ce travail.

III. — Division de cette étude.

Chacun des organes, dont l'ensemble constitue le végétal a, comme nous l'avons déjà fait remarquer, son accroissement propre, indépendant jusqu'à un certain point de celui des autres organes. Nous verrons, comme preuve de ce fait, que le changement des conditions externes, par exemple, n'apporte pas le même changement dans tous les membres de la plante. Sous l'influence de l'obscurité, la quantité d'eau varie, dans un sens, pour les cotylédons, et dans un autre sens, pour l'axe hypocotylé ; le gain quotidien en substance sèche, d'autre part, augmente dans celui-ci, tandis qu'il diminue dans les racines.

L'accroissement en poids d'une plante ne représente donc qué la somme, par suite peu constante et moins intéressante, d'accroissements partiels variant chacun avec la cause particulière qui le produit : c'est pourquoi il est nécessaire de considérer tout d'abord l'accroissement de chacune de ces parties.

Nous étudierons successivement, pour chacune d'elles, les variations du poids sec et du poids frais, qui sont loin d'être toujours les mêmes.

Pour les racines et pour les feuilles, nous étudierons :

Les variations du carbone, qui représentent dans une certaine mesure, après la chute des cotylédons, la marche de l'assimilation chlorophyllienne;

Les variations des cendres, qui représentent la marche de l'assimilation des substances minérales.

Puis, ces phénomènes d'accroissement, dans les conditions normales, établis, nous examinerons ce qu'ils deviennent :

1° Quand on supprime l'assimilation des substances minérales en élevant les plantes dans l'eau distillée ;

2° Quand on supprime l'assimilation du carbone, en maintenant les plantes à l'obscurité.

Ce travail se divise ainsi naturellement en deux parties principales :

1re Partie : Influence de l'âge sur l'accroissement en poids;
2e Partie : Influence du milieu sur l'accroissement en poids.

PREMIÈRE PARTIE

INFLUENCE DE L'AGE SUR L'ACCROISSEMENT EN POIDS

I

RACINES

1. — Variations, avec l'âge, de la substance sèche des racines.

Le poids sec de la racine atteint son maximum au moment où le fruit mûrit, mais son accroissement pendant toute cette période végétative, qui s'étend de la germination à la maturité, est loin d'être constamment égal.

La marche de cet accroissement peut être assez nettement divisée en quatre périodes :

La 1re *période*, comprise entre le moment où la radicule perce le tégument et celui où la plante se débarrasse de ce tégument;

La 2e *période*, allant de ce second moment jusqu'à la floraison;

La 3e *période*, coïncidant avec l'épanouissement floral;

La 4e *période*, commençant et finissant avec la maturation.

1re *période*. — Nous verrons plus loin, en étudiant la végétation à l'obscurité, que la racine, pendant toute cette période, se comporte de même en l'absence ou en présence de la lumière.

On sait que la croissance longitudinale, dans la racine comme dans la tige, est un phénomène très variable, intimement lié aux conditions d'éclairement, et qui, même à la lumière, varie encore selon les individus. Nous ne nous occuperons ici que de l'accroissement en poids.

Contrairement à la croissance, cet accroissement est, pendant

une certaine période, très régulier pour un même poids de graine.

Des graines de Lupin ont été mises à germer le 27 janvier, à une époque où la végétation est encore peu active, et où les phénomènes peuvent, pour cette raison, être plus facilement observés.

De ces graines, les unes ont germé dans la solution que nous avons indiquée, et les autres dans la ponce imbibée de cette solution.

Quinze jours après, les plantes placées dans la solution n'ont pas encore perdu leurs téguments. Pour un gramme de ces graines, les racines pèsent 0gr,067, ce qui représente un gain par jour, pendant toute cette période, de 0gr,0045.

Six jours plus tard, c'est-à-dire après 21 jours de germination, les téguments n'étant pas encore tombés, les racines pèsent, en moyenne, 0gr,094, pour 1 gramme de graine ; les racines ont donc gagné pendant ces six jours : 0gr,027 ; c'est-à-dire pendant chacun de ces six jours : 0gr,0045.

Les racines des plantes poussant dans la ponce pesaient après quinze jours 0gr,075 ; elles peuvent donc être considérées comme ayant gagné par jour 0gr,005.

Neuf jours après, c'est-à-dire après 26 jours de germination, au moment où les téguments vont tomber, ces racines pèsent en moyenne 0gr,115. Elles ont donc gagné pendant ces neuf derniers jours : 0gr,040 ; c'est-à-dire pendant chacun de ces jours : 0gr,0045.

Dans les deux cas, donc, la moyenne du gain par jour a été sensiblement la même pendant les premiers comme pendant les derniers jours de germination.

Ces cultures ont été reprises, dans la ponce, au mois d'avril ; des graines des mêmes plantes ont été mises à germer le 21 avril.

Huit jours après, le poids sec des racines est égal à 0gr,048, en moyenne. Les racines ont donc gagné par jour, pendant toute cette période, 0gr,006.

Après douze jours, au moment où les téguments vont tomber, les racines pèsent 0gr,072.

Du huitième au douzième jour, elles ont donc gagné 0gr,024, c'est-à-dire, par jour, 0gr,006.

Le gain a été un peu plus grand, chaque jour, qu'au mois de janvier, mais il s'est encore produit régulièrement.

Dans d'autres Lupins qui avaient été plantés le 13 mars, les téguments n'étaient tombés que trente-trois jours après. Pour 1 gramme de graine les racines pesaient 0gr,175, ce qui représente par jour un gain de 0gr,0053, assez semblable aux gains précédents.

Des Maïs ont été cultivés dans les mêmes conditions, c'est-à-dire dans de la ponce imbibée de la solution, à partir du 11 avril.

Quatorze jours après le début de la germination, les feuilles n'apparaissent pas encore, mais les racines mesurent en moyenne 1 décimètre de longueur. Ces racines pèsent, pour 1 gramme de graine, 0gr,133. Le gain par jour, s'il est supposé régulier, a donc été de 0gr,0095.

Quatre jours après, les feuilles apparaissent, les racines pèsent 0gr,169. Elles ont donc gagné pendant ces quatre jours 0gr,036; et pendant chacun de ces jours : 0gr,009.

Les racines de Maïs gagnent donc plus, pendant le même temps, que les racines de Lupin, mais comme celles-ci, pendant toute la période germinative, elles gagnent d'une façon uniforme. c'est-à-dire que :

Les racines ont gagné, en substance sèche, des quantités égales en des temps égaux, les conditions extérieures restant sensiblement les mêmes.

2e *Période.* — Avant d'examiner cette seconde période, nous croyons nécessaire de décrire quelques faits qui préviendront une objection importante.

Dans les résultats comparatifs que nous donnerons on observera parfois une discordance de un ou deux jours. Or il pourrait être objecté que des conditions de température, d'éclairement, différentes ont introduit des causes graves d'erreurs.

En réalité ces causes seront négligeables pour la racine pen-

dant les trois mois principaux de nos observations : avril, mai et juin.

Nous allons nous assurer, en effet, que, pendant ces trois mois, les conditions ont peu varié pour les racines.

Des Lupins, plantés le 21 avril, portaient six feuilles le 17 mai, c'est-à-dire vingt-six jours après. Les racines, à cette époque, pesaient en moyenne, pour 1 gramme de graine, 0gr,196.

D'autres Lupins n'ont été plantés que le 3 mai. Vingt-trois jours après, ils possédaient six feuilles ; et les racines, comme les précédentes, pesaient 0gr,196.

Enfin, dans un troisième lot, mis à germer le 11 juin, la sixième feuille est apparue vingt-huit jours après. Ici encore les racines pesaient en moyenne 0gr,194.

Ajoutons que d'autres Lupins, qui avaient été plantés le 13 mars, c'est-à-dire à une époque où la végétation est encore peu active, n'ont poussé six feuilles que quarante et un jours après (23 avril), et les racines, à cette époque, avaient un poids moyen de 0gr,330.

Si donc, dans les trois premières expériences, les racines pèsent le même poids après un nombre de jours presque égal, et à une période morphologique semblable, c'est une preuve que, surtout en avril et mai, les conditions de végétation ont peu varié. Elles peuvent être considérées comme égales, et des différences de un ou deux jours, pendant ces mois, n'apporteront pas de troubles sensibles dans les résultats.

Ce fait, qui a son importance, une fois signalé, comparons, aux mêmes époques, les racines de plantes arrivées à des périodes différentes de végétation, avant le moment où les fleurs apparaissent.

Nous avons vu que, du 21 avril au 3 mai, c'est-à-dire après douze jours de germination, les racines de 1 gramme de Lupin pesaient 0gr,073.

D'autres Lupins qui ont déjà poussé quarante et un jours dans la ponce imbibée de la solution, et qui possèdent six feuilles, ont des racines dont le poids égale 0gr,330, le 23 avril, pour 1 gramme de graine.

Le 5 mai les cotylédons de ces plantes viennent de tomber. Les racines pèsent, en moyenne, 0gr,460.

Elles ont donc gagné, du 23 avril au 5 mai, en douze jours, 0gr,130, tandis que les racines des autres plantes, qui germent, n'ont gagné que 0gr,073.

Chez des Lupins, mis à germer le 11 juin, les racines pesaient, huit jours plus tard, avant la chute des téguments, 0gr,048.

D'autres plantes de la même espèce portaient dix feuilles le 12 juin, et les racines pesaient 0gr,130. Le 19 juin, les racines pèsent, en moyenne, 0gr,200.

Elles ont donc gagné environ 0gr,070, tandis que, dans le même temps, les premières, au début de la germination, n'ont atteint que le poids de 0gr,048.

Donc, après la chute des téguments, *le gain de la racine, qui jusqu'alors avait été régulier, augmente avec l'apparition de la chlorophylle.*

Cette augmentation est considérable. Dans les deux expériences ci-dessus, on peut voir que le gain par jour est environ deux fois plus grand pour les plantes débarrassées de leurs téguments que pour celles qui en sont recouvertes.

De même, au mois de juin, une racine qui n'avait, dans les huit premiers jours de germination, gagné que 0gr,046, pèse, quatre jours après la chute du tégument, qui s'est produite à cette époque, 0gr,094. Elle a donc gagné en quatre jours 0gr,048, c'est-à-dire deux fois plus environ que précédemment.

Au mois d'avril, les plantes ne se sont débarrassées de leurs téguments qu'après trente-trois jours de germination. Les racines pèsent 0gr,175, ce qui représente un gain par jour de 0gr,0053.

Deux jours après, les racines pèsent 0gr,195. Elles ont donc gagné par jour 0gr,010.

Il est évident du reste que cette proportion de l'augmentation de poids, étant liée aux variations de l'assimilation, peut être elle-même assez variable, malgré ces résultats concordants, dus aux conditions presque semblables de végétation.

D'une façon générale, nous déduirons des faits précédents que, *avec l'apparition de l'assimilation, l'accroissement quotidien de*

la racine augmente dans les premiers jours, jusqu'à devenir double de ce qu'il était auparavant.

Suivons maintenant la marche de ce gain avec le développement de la plante, jusqu'à la floraison.

Si nous nous rappelons que les conditions de végétation ont été peu variables pendant les mois d'avril, mai et juin, nous pourrons suivre sur les mêmes lots de Lupins la marche de ce gain.

1[re] *Expérience.* — Cette série d'observations a été faite du 15 avril au 18 mai. Les plantes ont été prises tous les quatre jours environ.

NOMBRE DE JOURS DE VÉGÉTATION.	POIDS DES RACINES pour 1 gr. de graine.	GAIN PAR JOUR.	OBSERVATIONS.
33 (13 mars-15 avril)	0,175	0,005	Chute du tégument.
35 (15 avril-17 —)	0,195	Du 33e au 35e : 0,010	4 feuilles.
41 (17 — 23 —)	0,330	35e 41e : 0,022	6 —
45 (23 — 27 —)	0,370	41e 45e : 0,010	7 —
49 (27 — 1er mai)	0,400	45e 49e : 0,008	*Chute des cotylédons.*
53 (1er mai - 5 —)	0,450	49e 53e : 0,012	9 feuilles.
57 (5 — 9 —)	0,505	53e 57e : 0,014	12 feuilles.
66 (9 — 18 —)	0,670	57e 66e : 0,019	Les fleurs vont apparaître.

2e *Expérience.* — Cette seconde série d'observations a été faite du 19 juin au 9 juillet. Elle correspond à la première partie de la série précédente.

NOMBRE DE JOURS DE VÉGÉTATION.	POIDS DES RACINES pour 1 gr. de graine.	GAIN PAR JOUR.	OBSERVATIONS.
8 (11 juin-19 juin)	0,046	0,0056	Chute du tégument.
12 (19 — -23 —)	0,094	Du 8e au 12e : 0,012	2 feuilles.
14 (23 — -25 —)	0,104	12e 14e : 0,005	3 feuilles.
19 (25 — -30 —)	0,144	14e 19e : 0,008	4 —
28 (30 — -9 juil.)	0,194	19e 28e : 0,006	*Chute des cotylédons.*

On voit, dans cette seconde série d'expériences, que le gain par jour qui a été très grand, comme nous l'avons dit, quelques jours après la chute du tégument, diminue ensuite, puis augmente de nouveau jusqu'au moment de la chute des cotylédons où une nouvelle diminution se produit.

Les résultats sont exactement les mêmes dans la première série d'expériences. Cette série, plus longue, montre en outre que le gain par jour, après cette diminution qui se produit au moment où les cotylédons tombent, recommence à augmenter jusqu'à la floraison.

Dans le Sarrazin et le Maïs, nous avons également constaté un accroissement dans le gain par jour coïncidant avec le commencement de l'assimilation, mais nous n'avons pu remarquer de différence sensible au moment de l'épuisement des réserves cotylédonnaires.

Nous distinguerons donc, pour les plantes à cotylédons épigés et charnus, quatre moments dans cette seconde période :

1° *Le gain par jour devient très grand au moment de la chute des téguments;*

2° *Il est moindre quelques jours après, puis il va de nouveau en augmentant;*

3° *Il éprouve une seconde diminution au moment de la chute des cotylédons;*

4° *Il augmente ensuite, avec le développement de la plante, jusqu'à la floraison.*

Dans les plantes dont le ou les cotylédons sont hypogés, comme les Graminées, certaines Légumineuses, et dans celles où les cotylédons sont très minces, comme le Sarrazin, ces diminutions ne paraissent pas sensibles. On ne peut ici observer, d'une façon générale, qu'une augmentation de poids de plus en plus grande, depuis l'époque où les feuilles sont apparues, jusqu'à celle de la floraison.

(*A suivre.*)

INFLUENCE

DES

AGENTS EXTÉRIEURS

SUR

L'ORGANISATION POLAIRE ET DORSIVENTRALE DES PLANTES

Par M. L. KOLDERUP ROSENVINGE

(Suite.)

2° *Expériences faites sur le Fucus serratus.*

Cette espèce diffère des précédentes en ce que *la lumière n'a aucune influence sur la formation des rhizoïdes.* Dans les cultures éclairées d'un seul côté les rhizoïdes poussaient aussi bien du côté éclairé des œufs que du côté non éclairé. Du reste les œufs se comportent comme chez les espèces dont on vient de parler. Dans les cultures de *Fucus serratus*, on trouve fréquemment, comme dans les autres espèces mentionnées, des plantules à deux rhizoïdes diamétralement opposés, aussi bien dans les cultures exposées à la lumière que dans les cultures non éclairées.

3° *Expériences faites sur le Pelvetia canaliculata.*

Nous avons vu que l'organisation polaire des œufs de Fucacées peut être provoquée par la lumière et par une différence dans l'aération de l'eau ambiante ; les expériences précédentes ont, en outre, montré que la polarité peut être déterminée indépen-

damment des influences extérieures, mais elles n'ont pas montré si, dans ce cas, la polarité dépend de l'orientation de l'œuf dans l'oogone, ou si elle a été déterminée par d'autres circonstances plus accidentelles. Quand les œufs germent sans avoir quitté l'oogone, leur polarité montre en effet une orientation particulière, mais cela est dû probablement, comme j'ai tâché de le montrer, à l'influence qu'exercent les œufs les uns sur les autres après la fécondation. Quand les œufs se séparent, il est impossible de voir comment ils ont été orientés dans l'oogone. Les espèces que nous venons d'étudier sont donc impropres à la solution de ce problème, mais il y au ne autre espèce de Fucacées qui s'y prête mieux, c'est le *Pelvetia canaliculata*.

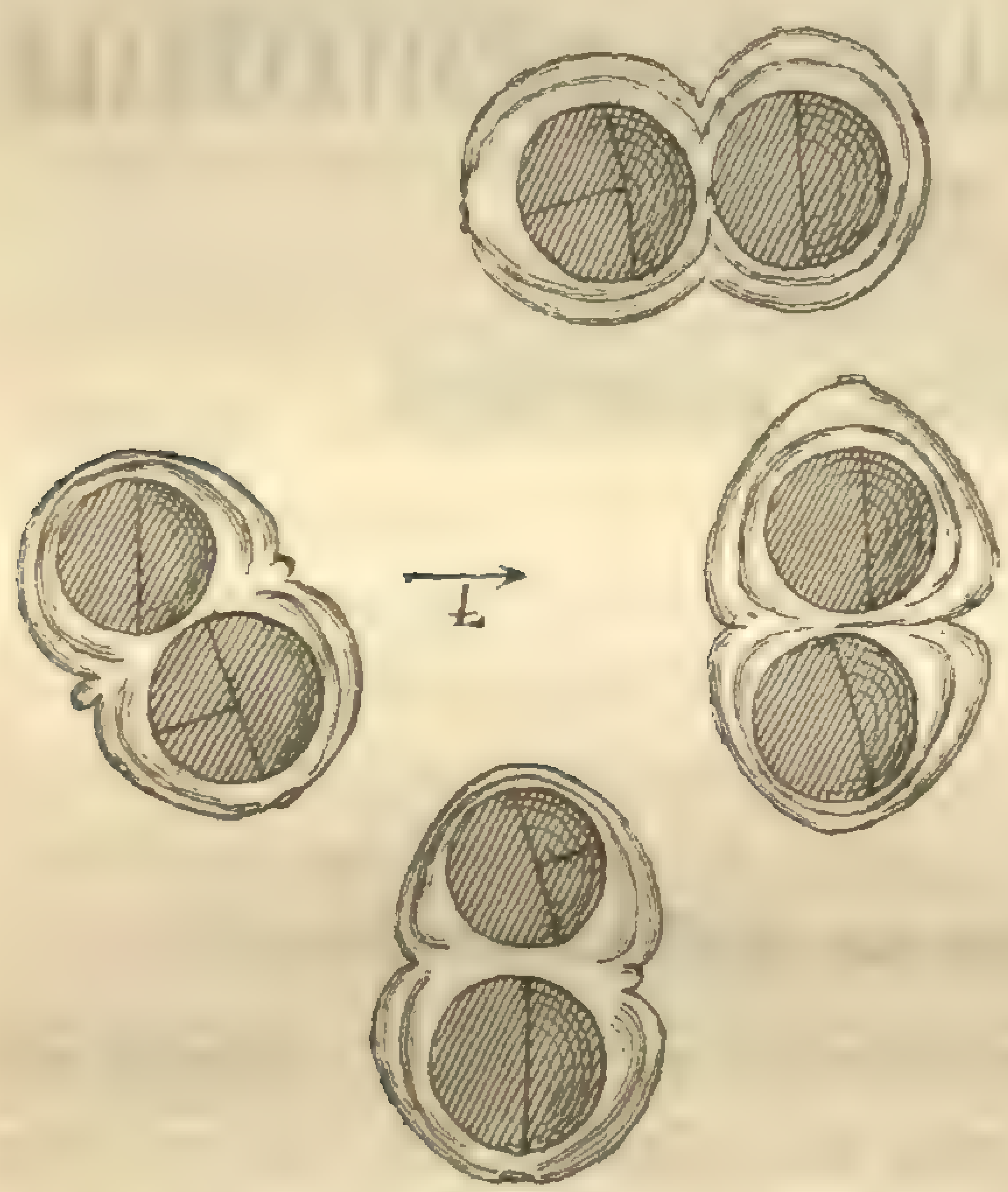


Fig. 11. — Quatre oogones de *Pelvetia canaliculata*, avec des œufs en voie de germination. La première cloison est à peu près perpendiculaire à la direction de la lumière indiquée par la flèche. Grossissement 90 : 1.

Les oogones de cette plante contiennent seulement deux œufs qui ne deviennent pas libres, mais qui restent en dedans de l'enveloppe de l'oogone, séparés l'un de l'autre par une cloison. Lorsque les oogones sortent dans l'eau de mer, les protoplasmas des deux cellules se contractent et deviennent sphériques. Pendant cette contraction on n'observe pas de rotation ; on n'en remarque pas plus pendant la fécondation, et les œufs gardent ainsi l'orientation primitive qu'ils avaient dans l'oogone. Si la polarité des œufs peut dépendre de leur orientation dans l'oogone on doit le reconnaître lorsque les œufs germent indépendamment des influences extérieures.

Première série d'expériences. — Cultures dans un verre de

montre et sur deux porte-objets, éclairées unilatéralement. — Dans les cultures sur les porte-objets la première cloison était presque toujours à peu près perpendiculaire à la direction de la lumière (fig. 11), tandis que dans le verre de montre sa direction était variable. Mais dans les deux cas, les rhizoïdes se *développaient toujours au point le moins éclairé*. Chez aucune des autres Fucacées, je n'ai obtenu des résultats aussi nets pour l'influence de la lumière sur la formation des rhizoïdes.

L'orientation de la première cloison n'étant pas toujours déterminée par la lumière, il s'ensuit qu'il n'existe aucune relation nécessaire entre l'orientation de la première cloison et celle de la polarité.

Deuxième série d'expériences. — Trois cultures dans des verres de montre et deux sur des porte-objets ont été placées dans l'obscurité. L'orientation de la première cloison était variable; dans l'une des cultures seulement elle concordait souvent avec l'axe de l'oogone. Les rhizoïdes partaient dans toutes les directions sans rapport ni avec l'oogone ni avec la verticale, seulement il poussait un nombre un peu plus grand de rhizoïdes du côté des œufs tourné vers les pôles des oogones que du côté tourné vers l'autre œuf dans le même oogone; mais la différence n'était pas grande.

Dans toutes les cultures faites dans des verres de montre il se trouvait un certain nombre de plantules qui avaient formé des rhizoïdes sur deux points à peu près opposés, tandis qu'on n'en trouvait pas dans les cultures éclairées (1).

Dans ces cultures, ni la pesanteur, ni la différence dans l'aération des divers côtés des œufs n'ont eu aucune influence sur la germination. L'influence de la proportion d'oxygène s'est trouvée exclue probablement parce que les œufs sont entourés par la membrane de l'oogone.

Il résulte de ces expériences que *la polarité des œufs germant*

(1) Thuret a observé que « souvent plusieurs de ces faisceaux (de radicelles) se développent sur divers points du contour de la sporule » (Rech. s. l. zoosp. d. Algues, p. 234). Comme il ne fait pas mention de cultures à l'obscurité, on doit supposer que ces plantules se sont produites à la lumière.

indépendamment des influences extérieures n'est pas en relation avec l'orientation des œufs dans les oogones. Il faut donc admettre que la polarité de l'œuf quand il était encore en continuité avec la plante mère est supprimée au moment où, en se contractant, l'œuf prend une structure concentrique.

Par la germination, la structure devient de nouveau polaire ; mais cette nouvelle polarité n'est pas en rapport avec celle que l'œuf avait avant la contraction. Il en est probablement de même pour les autres espèces de Fucacées.

Immédiatement avant la germination, l'œuf peut être comparé à un corps qui est en équilibre instable. Si les influences extérieures sont exclues, de petites irrégularités accidentelles de la structure concentrique doivent suffire pour troubler l'équilibre, et peuvent alors parvenir à déterminer la polarité.

Conclusions. — Les résultats obtenus pour la germination des œufs des Fucacées peuvent être résumés ainsi :

1° La polarité des œufs qui germent (c'est-à-dire la détermination du point où apparaissent les rhizoïdes et du point apical) peut être déterminée par diverses influences extérieures, mais la sensibilité vis-à-vis de ces agents extérieurs est très différente suivant les espèces.

2° La lumière peut influer sur l'orientation de la première cloison, celle-ci se plaçant perpendiculairement à la direction de la lumière ; mais cela n'a pas toujours lieu, et il n'y a pas un rapport nécessaire entre l'orientation de la première cloison et celle de la polarité de la plantule.

3° La lumière peut déterminer la polarité des plantules chez toutes les espèces étudiées, excepté le *Fucus serratus*. La sensibilité vis-à-vis de la lumière est la plus grande chez le *Pelvetia canaliculata*.

4° La pesanteur n'a aucune influence sur la polarité des plantules.

5° Le contact avec un corps solide n'influe pas directement sur la polarité des plantules.

6° Une différence dans la quantité d'oxygène sur des côtés

différents des œufs agit chez toutes les espèces sur l'orientation de la polarité des plantules ; les rhizoïdes se formant du côté où la quantité d'oxygène est la plus faible, tandis que le pôle apical de la plantule se forme du côté opposé. Toutefois chez le *Pelvetia canaliculata* cette influence de l'oxygène se trouve exclue parce que les œufs sont entourés par la membrane de l'oogone.

7° Chez toutes les espèces, la polarité peut être déterminée exclusivement par des causes internes qui semblent indépendantes de l'orientation de l'œuf dans l'oogone, d'après les expériences faites sur les *Pelvetia canaliculata*.

Chez cette espèce, les causes internes ne peuvent pas réagir contre l'influence de la lumière, ce qui a souvent lieu chez les autres espèces. Chez l'*Ascophyllum nodosum* et le *Fucus vesiculosus* l'influence des causes internes est prépondérante surtout lorsque la germination s'effectue rapidement.

8. Chez aucune des espèces, la lumière n'est nécessaire pour la germination.

II. — Autres plantes que les Fucacées.

Chez les autres Algues les cellules reproductrices ont souvent dès l'origine une organisation polaire qui est en rapport déterminé avec la cellule mère. Il en est ainsi pour toutes les zoospores. Dans beaucoup de cas, on sait que cette polarité se conserve pendant la germination, l'extrémité antérieure devenant la base de la plantule. Dans d'autres cas, les zoospores s'arrondissent avant de germer, et l'on ne sait pas alors si la polarité de la plantule est la même que celle de la zoospore, ou si la polarité est supprimée par la transformation de la zoospore en une masse sphérique ; il est alors probable qu'une nouvelle polarité peut être déterminée par les influences extérieures.

Chez les Dictyotées et les Floridées les spores sont sphériques, ont une structure concentrique et sont dépourvues de membrane, comme les œufs des Fucacées. Pour reconnaître si la polarité peut être déterminée par la lumière, j'ai fait quelques

expériences avec le *Dictyota dichotoma* et quelques Floridées, mais les résultats ont été toujours négatifs. J'ai constaté seulement que la lumière n'est pas nécessaire pour la germination ; dans les cultures à l'obscurité les tétraspores et les carpospores germaient normalement.

Nous avons parlé, dans l'introduction, de l'influence des agents extérieurs sur la germination des spores de l'*Equisetum*, sur la formation de l'embryon chez le *Marsilia* et sur la germination des grains de pollen. Il est probable qu'on trouvera encore d'autres cas. D'après ce que nous savons sur la germination des Characées, il est possible que la pesanteur puisse influer sur les divisions cellulaires et sur la production des organes dans la germination des spores, mais ce sujet a besoin de recherches ultérieures (1).

Dans la formation de l'embryon chez les Phanérogames, toute influence du milieu extérieur paraît être exclue ; l'embryon semble avoir toujours une orientation constante dans la graine. — J'ai fait quelques expériences avec plusieurs espèces de *Begonia* pour reconnaître si la lumière ou la pesanteur peuvent avoir quelque influence sur la formation de la première feuille supra-cotylédonaire qui n'apparaît qu'après la germination, mais je n'ai obtenu que des résultats négatifs.

DEUXIÈME PARTIE

DÉTERMINATION DE L'ORGANISATION DORSIVENTRALE PAR LES INFLUENCES EXTÉRIEURES.

Avant d'entrer dans la description des expériences, j'indiquerai quels sont les termes dont je me suis servi dans la suite pour décrire les organes dorsiventraux.

(1) Voir O. Nordstedt : *Nagra iakttagelser öfver Characeernes groning.* (Lunds Universitets Arsskrift, II, p. 7). — A. de Bary : *Zur Keimungsgeschichte der Charen.* (Botan. Zeitung 1875, p. 414.)

En comparant les travaux des auteurs qui ont traité ce sujet, on verra que leur nomenclature peut être très différente, surtout au point de vue des mots « dorsal » et « ventral ». Si l'on essaye d'appliquer ces deux termes d'une manière générale aux deux faces dans tous les organes dorsiventraux, on rencontre des difficultés, quel que soit le principe d'après lequel on établit les définitions. Ces difficultés se manifestent d'une manière frappante dans les *Begonia*, comme on le verra plus loin.

C'est pourquoi j'ai borné l'emploi de ces termes aux organes latéraux, en appelant *ventrale* la face d'un organe latéral qui, à l'état jeune, est tournée vers l'axe mère, et *dorsale* la face tournée en dehors. Si l'organe est nettement plagiotrope, c'est-à-dire a une tendance à se maintenir horizontal, j'appelle *face supérieure* la face qui est en haut, et *face inférieure* l'autre. Si l'organe est à peu près vertical, je me sers d'autres termes; ainsi la face des pousses dorsiventrales des Papilionacées vers laquelle les inflorescences sont dirigées est « la face florale », etc.

I. — Organes dorsiventraux latéraux.

1° *Expériences faites sur le Polygonatum multiflorum et le P. latifolium.*

Les pousses aériennes de ces plantes sont, comme on sait, plagiotropes, mais on ne peut pas voir immédiatement si elles ne sont pas en outre dorsiventrales. La seule différence visible entre les deux faces consiste en ce que les feuilles sont toutes tournées vers la face supérieure, tandis que les fleurs sont dirigées vers la face inférieure, ce qui s'explique simplement par la direction de la pousse, mais on ne sait pas s'il y a une différence interne qui détermine la face qui deviendra supérieure, ou si les deux faces sont physiologiquement égales.

Par l'examen de quelques échantillons déterrés on reconnaît qu'il n'existe aucune relation entre la face supérieure de la partie aérienne et celle de la partie souterraine de la même

pousse. Quand la pousse perce le sol, elle est verticale. Plus tard, la partie supérieure commence à s'incliner d'un côté et la face qui se trouve alors tournée vers le haut devient la face supérieure.

Si une pousse encore verticale est éclairée d'un seul côté, elle se penche vers la lumière, et la face tournée vers l'ombre devient la face supérieure, c'est-à-dire celle vers laquelle sont tournées les feuilles.

Si l'on donne à une pousse dont quelques-unes des premières feuilles sont seules épanouies une direction quelconque différente de la normale, la partie supérieure qui est encore toute lâche pend d'abord obliquement à cause de son poids, mais en se développant elle reprend la position normale. Si la pousse est fixée horizontalement, mais en sens inverse de sa position normale, la face qui était supérieure à l'origine devient inférieure; la pousse n'essaye pas de tourner vers le haut sa face originellement supérieure.

Nous pouvons donc conclure que :

Les pousses aériennes de ces deux espèces de Polygonatum offrent des exemples de tiges plagiotropes qui ne sont pas dorsiventrales, mais qui sont, si l'on veut, isobilatérales (1).

2° *Expériences faites sur le Centradenia floribunda.*

On remarque souvent sur des rameaux horizontaux ou obliques de diverses plantes, que les feuilles insérées sur le côté inférieur sont plus grandes que celles du côté supérieur. Ce phénomène qui a été signalé pour la première fois par M. Wiesner (2) est souvent peu prononcé et, comme l'a démontré ce savant, il est produit par l'influence directe de la pesanteur. Dans d'autres cas, la différence de grandeur est plus remarquable, les

(1) Remarquons que les pousses des *Polygonatum* peuvent effectuer des torsions. Si on les place de manière à ce que leur plan de symétrie soit horizontal, la partie jeune se relève bientôt par une torsion de sorte que son plan de symétrie redevienne de nouveau perpendiculaire au plan horizontal.

(2) J. Wiesner (Sitzungsberichte d. Akad. d. Wissensch., LVIII, Bd 1, Abth. Wien. 1868, p. 369).

pousses sont essentiellement dorsiventrales, et la dorsiventralité est irrévocable. Il en est ainsi pour les pousses des *Selaginella*, du *Goldfussia anisophylla* et du *Centradenia rosea* (1).

Le *Centradenia floribunda*, dont les feuilles sont opposées, présente aussi une différence assez remarquable dans la grandeur des feuilles (fig. 12), mais cette différence est très variable selon la direction des rameaux ; dans les rameaux à peu près horizontaux elle est très prononcée, tandis que dans les rameaux qui se

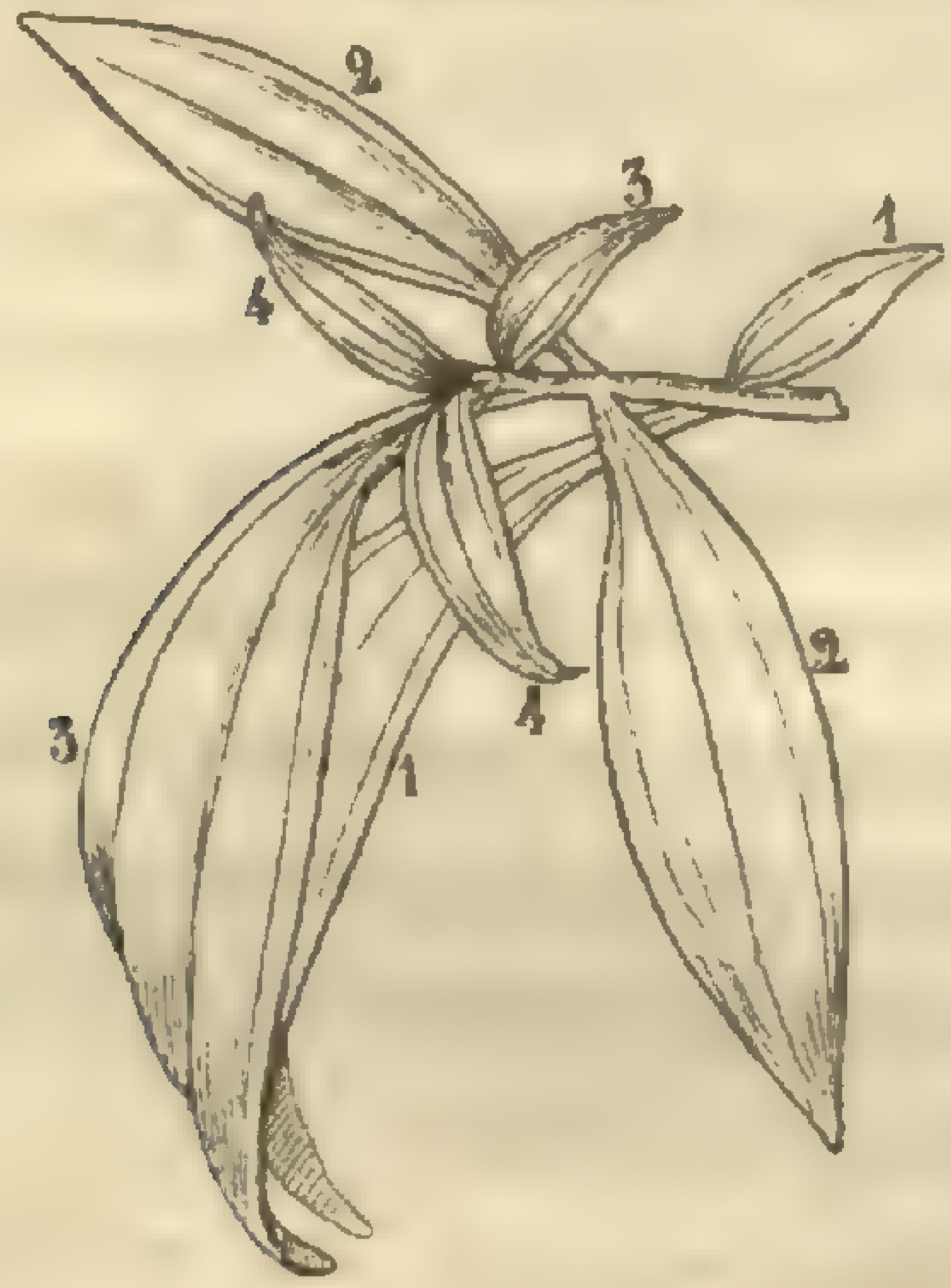


Fig. 12. — *Centradenia floribunda.* Rameau végétatif à l'état naturel. 1, 1; 2, 2; 3, 3; 4, 4 : paires de feuilles successives. On voit que dans une paire de feuilles la feuille inférieure est la plus grande. Les feuilles 2, 2, 4, 4 sont dans un même plan oblique par rapport à la verticale ; les feuilles 1, 1, 3, 3, sont dans un autre plan oblique.

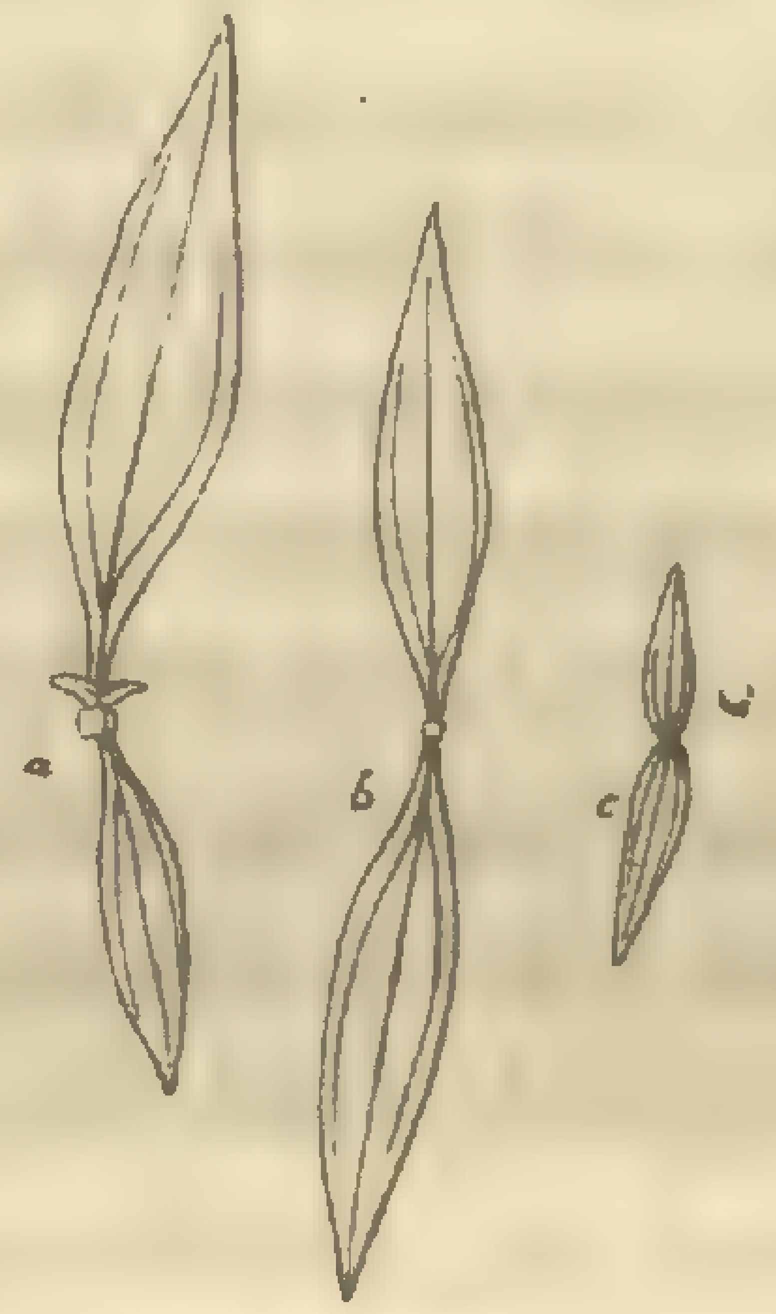


Fig. 13. — *Centradenia floribunda.* Trois paires de feuilles se succédant dans le même plan. Les feuilles qui sont inférieures dans la figure se trouvaient du côté inférieur du rameau pendant l'expérience. La première paire, *a*, était étalée avant l'expérience et la feuille la plus grande se trouvait alors du côté inférieur.

rapprochent de la position verticale les feuilles ont presque la même grandeur. Ce fait paraît indiquer que la différence de grandeur des feuilles de cette plante est provoquée directement par la pesanteur, et cela a été confirmé par les expériences qui vont être décrites.

Si, dans les rameaux plagiotropes, les deux rangées de feuilles se trouvent exactement au-dessus et au-dessous du rameau, les deux autres rangées étant à droite et à gauche, les deux premières

(1) Wiesner, *loc. cit.*, p. 382; Pfeffer (Arbeiten d. Instit. Würzburg, I, p. 94); Gœbel (Botanische Zeitung, 1880, p. 839).

seulement présentent entre elles une différence de grandeur, tandis que les feuilles des deux rangées latérales sont égales ; mais ordinairement il se trouve deux rangées de feuilles du côté supérieur du rameau, deux du côté inférieur, et les feuilles sont alors de grandeur différente dans toutes les paires (fig. 12).

Expériences. — Quelques rameaux dont la paire de feuilles développée en dernier lieu présentait une différence de grandeur prononcée furent fixés horizontalement de sorte que la feuille la plus grande de cette paire était tournée vers le haut (*a*, fig. 13).

Si le rameau est fixé par un seul lien de manière que l'extrémité soit libre, cette extrémité se recourbe, de sorte que la face primitivement supérieure du rameau se tourne de nouveau vers le haut. Si on empêche le rameau de se recourber, il abandonne après quelque temps tout effort de ce genre, et l'on n'a plus besoin de l'attacher davantage pour le retenir dans la position qui lui est donnée : la pousse n'a plus l'organisation dorsiventrale dont elle était originellement douée.

Quand les feuilles suivantes se développent, on reconnaît alors facilement que l'organisation dorsiventrale est renversée, comme on le voit dans la figure 13, représentant trois paires de feuilles se succédant dans le même plan ; la première, *a*, était développée au commencement de l'expérience et, comme le rameau a été retourné, la plus grande feuille est naturellement en haut ; les deux autres, *b* et *c*, se sont développées pendant l'expérience. La feuille inférieure en *b* et *c* est la plus grande de chaque paire : le rapport de grandeur des feuilles, à un intervalle de deux entrenœuds, a été renversé par le retournement du rameau. Ainsi nous pouvons conclure que :

L'organisation dorsiventrale des rameaux du Centradenia floribunda est produite par une sorte d'induction locale (1) *due à une cause extérieure, probablement à la pesanteur.*

(1) Comparez : Pfeffer, *Pflanzenphysiologie*, II, p. 163.

3° *Expériences faites sur le Columnea Schiedeana.*

Cette plante, qui appartient à la famille des Gesnéracées, est analogue à celle que nous venons d'étudier en ce que les feuilles sont opposées et que les rameaux sont dorsiventraux, mais l'organisation dorsiventrale se manifeste d'une autre manière. Les feuilles sont obliques, à la base du limbe qui descend plus loin sur le pétiole d'un côté que de l'autre; de plus, ces feuilles sont orientées de telle façon qu'elles tournent toutes leur côté le plus grand vers la face supérieure du rameau (voyez les feuilles les plus grandes représentées sur la fig. 14).

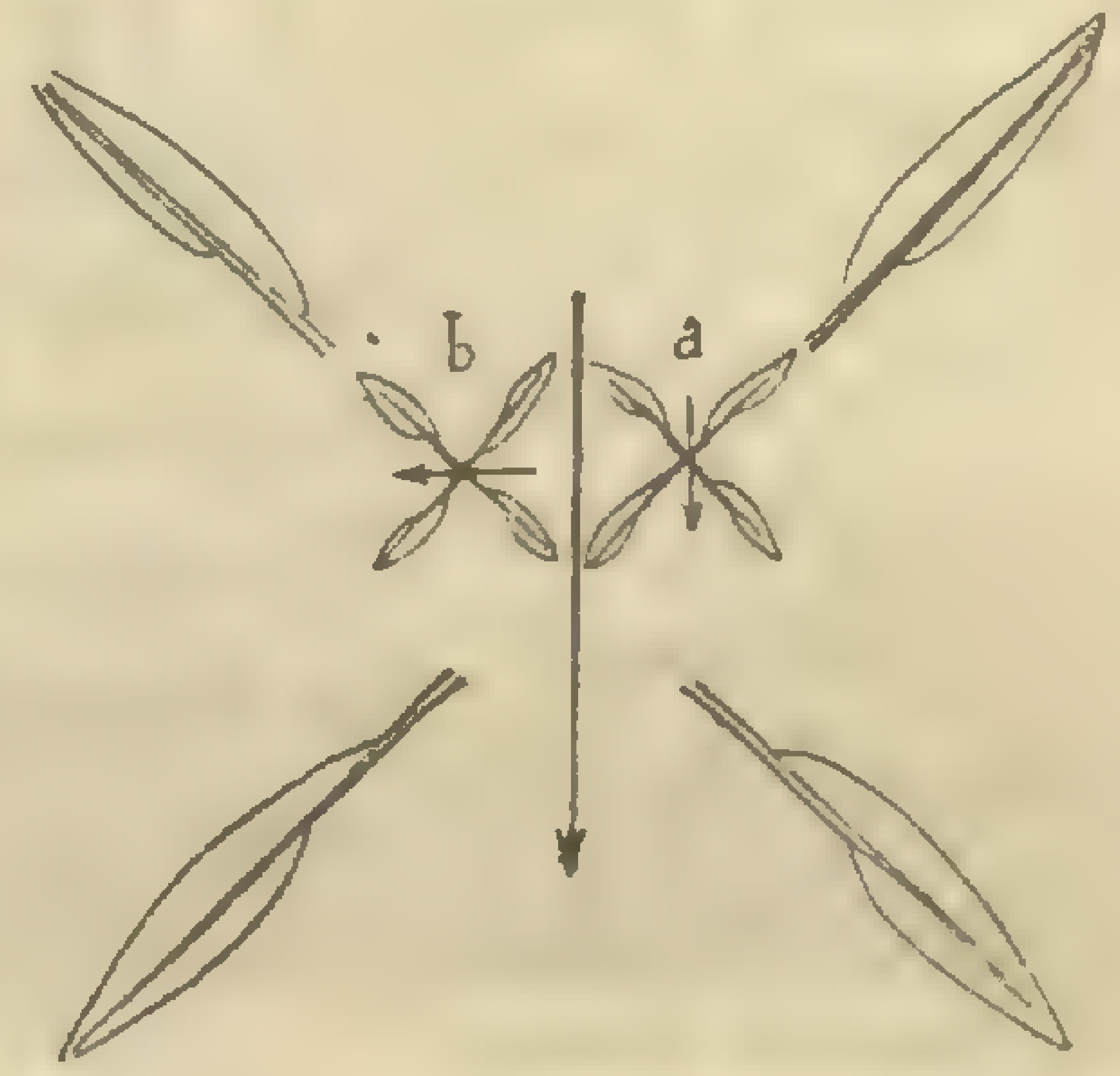


Fig. 14. — *Columnea Schiedeana.* — Diagramme d'une pousse végétative; *a* indique l'orientation ordinaire des pousses latérales; *b*, l'orientation provoquée dans les expériences où l'on faisait agir la cause extérieure suivant le sens indiqué par la flèche, c'est-à-dire perpendiculairement au sens normal.

Les rameaux se dirigent suivant une ligne oblique, de sorte que la face supérieure est tournée obliquement et en haut.

Expériences. — En fixant de jeunes rameaux en sens inverse, on peut se convaincre que l'organisation dorsiventrale est irrévocable; l'orientation des feuilles reste, en effet, la même dans la partie qui se développe, et le rameau fait continuellement des efforts pour reprendre sa position normale.

L'orientation dorsiventrale des rameaux latéraux est la même que dans l'axe mère; chez les plantes croissant dans des conditions normales, leurs plans de symétrie sont parallèles et les faces supérieures sont tournées du même côté (*a*, fig. 14).

J'ai éclairé, seulement par la face inférieure, des rameaux fixés verticalement, ou j'ai fixé des rameaux obliquement de telle sorte que la face inférieure soit dirigée vers le haut. Des rameaux latéraux se développaient alors dans les aisselles des feuilles; j'ai pu, dans des expériences répétées, provoquer une telle orientation de ces rameaux latéraux que leur plan de symé-

trie était perpendiculaire à celui de l'axe mère (*b*, fig. 14) (1).

Nous pouvons conclure de ce qui précède que :

L'orientation dorsiventrale des rameaux latéraux du Columnea Schiedeana peut être déterminée, du moins en partie, par des agents extérieurs (la lumière ?).

4° *Expériences faites sur le Scutellaria albida.*

Les inflorescences unilatérales des Scutellaires ont toujours une orientation constante chez les plantes qui croissent dans des conditions normales. Les entrenœuds subissent des torsions alternatives dans des directions opposées, de sorte que les feuilles et les fleurs sont disposées par approximation en deux séries transversales. L'orientation dorsiventrale des inflorescences se manifeste en ce que les feuilles se dirigent vers l'axe mère, et les fleurs en dehors (vers le côté dorsal) (2). Si l'on suppose les torsions supprimées, le plan de symétrie ne coïncide pas pourtant avec le plan médian de l'aisselle, mais il fait un angle de 45° avec lui (fig. 15).

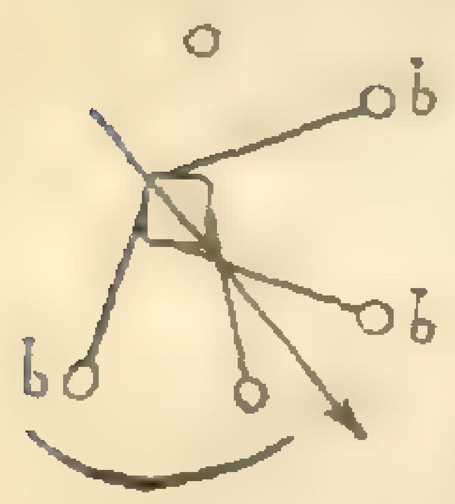


Fig. 15. — *Scutellaria albida*. Figure schématique montrant l'orientation des fleurs dans une inflorescence quand on suppose les torsions supprimées ; *b*, *b*, *b*, désignent les fleurs ; la flèche indique l'orientation du plan de symétrie.

Expériences. — Pour étudier les causes qui déterminent cette organisation dorsiventrale j'ai d'abord fixé verticalement trois pousses sortant près du sol, et j'ai placé immédiatement derrière leur côté dorsal un carton noir, de sorte que les pousses étaient éclairées seulement du côté ventral. Les pousses étaient végétatives, mais on voyait au sommet l'inflorescence très jeune, encore radiaire et à feuilles décussées. Dans deux cas, en se développant, les inflorescences se sont inclinées vers

(1) Pour favoriser le développement des bourgeons, le rameau mère a ordinairement été décapité. Dans quelques cas, je n'ai pas réussi à provoquer une orientation inverse de celle du rameau mère, mais je ne doute pas que cela ne soit possible.

(2) Pour ces inflorescences voir : Noll, *Ueber die normale Stellung zygomorpher Blüthen* (Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg. 3 Bd, Heft 2, 1885, p. 237) ; Urban, *Zur Biologie der einseitswendigen Blüthenständen* (Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch., III, 1885, p. 411).

la lumière et les fleurs se sont tournées du côté ventral au lieu de se diriger du côté dorsal comme dans les conditions normales. Dans la troisième pousse, dont le développement était plus avancé, l'inflorescence s'est inclinée vers l'ombre et les fleurs se sont dirigées comme d'ordinaire vers le côté dorsal. Dans les deux premiers cas, il est évident que l'orientation a été déterminée par des causes extérieures ; il est probable que, la lumière ayant provoqué une inclinaison, l'organisation dorsiventrale de l'inflorescence a été déterminée par la pesanteur.

Les inflorescences qui proviennent des parties plus jeunes des pousses sont plus dépendantes de l'axe mère ; cependant on peut forcer les fleurs à se diriger vers le côté ventral, en opérant avec des inflorescences suffisamment jeunes. Une pousse vigoureuse a été décapitée et fixée de manière à ce que la partie supérieure soit verticale, le sommet en bas. Les pousses latérales se sont développées en inflorescences. Dans les inflorescences qui n'étaient pas très jeunes au commencement de l'expérience la face florale s'est produite comme d'ordinaire du côté dorsal et l'inflorescence s'est tournée de 180° sur son axe pour prendre la position normale. Dans les inflorescences les plus jeunes, au contraire, le côté ventral, tourné vers le bas pendant l'expérience, est devenu la face florale.

Il résulte de ces expériences que :

Chez les Scutellaires, l'orientation dorsiventrale des inflorescences est déterminée par une cause extérieure, probablement par la pesanteur.

Chez plusieurs autres plantes on connaît des rameaux dorsiventraux qui présentent des torsions semblables à celles des Scutellaires (1). Il est évident que ces torsions sont provoquées par des agents extérieurs, car, dans les conditions ordinaires, on ne les observe que dans des rameaux horizontaux ou obliques, et elles peuvent être produites, du moins dans quelques cas, par la lumière dans les rameaux verticaux éclairés unilatéralement (2).

(1) Frank, *Die natürliche wagerechte Richtung*, etc., p. 38.
(2) Goebel (Botanische Zeitung, 1880, p. 843).

(A suivre.)

DÉVELOPPEMENT ET CONSTITUTION

DES ANTHÉROZOÏDES

Par M. Léon GUIGNARD

(*Suite* ⋆)

(Planches 5 et 6.)

IV

ALGUES

On sait que les Algues, telles que les Fucacées et les Floridées, chez lesquelles la différenciation sexuelle est bien marquée, ont pour corps reproducteurs mâles des cellules mobiles ou immobiles, anthérozoïdes ou pollinides, dont la connaissance est due surtout aux travaux de Thuret et de M. Bornet (1).

Parmi les recherches plus récentes, d'ailleurs peu nombreuses sur ce sujet, celles où M. Schmitz a étudié les chromatophores des Algues (2) ont largement contribué à nous éclairer sur le contenu des cellules reproductrices.

Quand la différence entre les gamètes mâles et les gamètes femelles n'est pas tranchée, leurs chromatophores se ressem-

(⋆) Me réservant de donner plus tard la suite de mes recherches sur les Cryptogames vasculaires, je publie dès maintenant ce qui concerne les Algues.

(1) Thuret : *Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames* (Ann. des sc. nat., 2e série, XIV, 1850, et XVI, 1850). — *Recherches sur la fécondation des Fucacées* (ib., 4e série, II, 1854). — *Recherches sur les anthéridies des Algues* (ib., 4e série, III, 1855). — Bornet et Thuret, *Recherches sur la fécondation des Floridées* (Ann. des sc. nat., 5e série, VII, 1867). — *Notes algologiques*, 1876 à 1880. — *Études phycologiques*, 1878.

(2) Fr. Schmitz : *Die Chromatophoren der Algen*, 1882.

blent comme chez les isogamètes; mais si la différence sexuelle s'accroît, les chromatophores des cellules mâles tendent à s'amoindrir, en même temps que leur coloration diminue; ils finissent par devenir invisibles et même par disparaître.

Chez les Algues brunes, par exemple, et en particulier chez les Fucacées, on les aperçoit facilement dans l'anthéridie au début de la formation des cellules mâles; ils ne se retrouvent plus, d'après M. Schmitz, dans les anthérozoïdes adultes.

Un degré de réduction encore plus marqué s'observe chez les Floridées. Non seulement le pollinide ne renferme pas de chromatophores à l'époque de sa maturité, mais l'anthéridie en est même dépourvue dès l'origine.

La structure de la cellule mâle devient donc de plus en plus simple. Chez les Fucacées, l'anthérozoïde est constitué par un protoplasme nu et par un noyau; il est pourvu de deux cils et d'un granule orangé. Chez les Floridées, le pollinide, incolore, est formé seulement par un noyau et par un protoplasme, que l'on regarde comme privé de membrane d'enveloppe, au moment où il sort de l'anthéridie (1). L'un et l'autre de ces corps reproducteurs ont toujours la valeur morphologique d'une cellule.

Ces données m'ont paru devoir être complétées par l'étude du développement, restée jusqu'à ce jour incomplète, soit à cause des difficultés qu'elle présentait en raison de la petitesse des objets à examiner ou de l'insuffisance de la technique, soit à cause des conditions mêmes où les objets doivent être recueillis pour servir utilement à l'observation. J'ai choisi à dessein deux familles d'Algues chez lesquelles les cellules mâles représentent deux types bien différents.

1. — Fucacées.

Dans cette famille, j'ai examiné comparativement : *Fucus serratus* L., *F. vesiculosus* L., *F. platycarpus* Thur., *Bifurcaria*

(1) Fr. Schmitz: *Befrüchtung der Florideen*, 1883.

tuberculata Stackh., *Pelvetia canaliculata* Dcne et Thur., *Halidrys siliquosa* L., *Cystosira barbata* Crouan. Ces plantes offrent une si grande analogie dans le mode de formation des anthérozoïdes qu'il suffira de prendre un exemple, tel que le *Fucus serratus*. Dans cette espèce, où les sexes sont séparés, le même conceptacle présente des anthéridies à tous les états de développement, et qui naissent, comme on le sait, sur des poils rameux dont elles ne sont que des branches transformées.

L'un des meilleurs agents pour fixer le contenu cellulaire à tous les stades du développement est l'acide osmique. Il suffit d'en faire agir la vapeur sur les anthéridies fraîches retirées des conceptacles qui les renferment en grand nombre. L'acide picrique en solution dans l'eau de mer donne également de bons résultats. Parmi les réactifs colorants, l'éosine hématoxylique et le violet de méthyle 6 B réussissent fort bien, à condition d'être employés en solutions très étendues.

Au début, l'anthéridie se distingue facilement des autres cellules, qui terminent les poils stériles ou paraphyses, par la grosseur de son noyau et l'abondance de son protoplasme (planche 5, fig. 1). Ce dernier renferme des corps de forme variable et de volume inégal, incolores et réfringents, qui n'affectent pas de disposition caractéristique au sein des granulations protoplasmiques plus petites auxquelles ils sont mélangés (fig. 2, 3, 4) : ce sont évidemment les chromatophores indiqués d'abord par M. Schmitz, puis par M. Behrens (1). On verra plus loin qu'on observe aussi, à un moment donné, dans l'anthéridie, des granules plus ou moins volumineux de couleur orangée.

Le noyau est pourvu d'un assez gros nucléole et d'une charpente chromatique à replis serrés. A l'exception de la première, toutes les figures de la planche 5, qui concerne les Fucacées, ayant été dessinées au même grossissement, il sera facile de juger de la réduction de volume du noyau à partir des premières phases de la division. J'ai pu suivre les stades successifs de la karyokinèse dans des anthéridies à divers états de développe-

(1) J. Behrens : *Beitrag zur Kenntniss der Befrüchtungsvorgänge bei Fucus vesiculosus* (Berichte der deutsch bot. Gesellsch., 1886).

ment, malgré les difficultés résultant de la petitesse des noyaux, surtout après les premières divisions, et probablement aussi de la rapidité avec laquelle le phénomèue se produit, car il faut des recherches multipliées pour arriver à le constater. Qu'il me suffise de dire que, même dans les détails, la karyokinèse s'accomplit comme à l'ordinaire.

Les figures de division sont très régulières; la plaque nucléaire comprend un grand nombre de bâtonnets chromatiques, très petits, incurvés vers le milieu de leur longueur et tournant leur angle vers le centre de figure. Le protoplasme offre des stries radiaires aux deux pôles du fuseau, formé de fils achromatiques très visibles (fig. 3 et 5). On remarque, ici encore, ce fait général dans la karyokinèse chez les végétaux, que le nombre élevé des fils du fuseau est en rapport avec celui des segments chromatiques de la plaque nucléaire.

Lorsque les bipartitions simultanées ont produit 8 noyaux, les chromatophores, signalés plus haut dans l'anthéridie avant la première division, ont de même augmenté de nombre, sans cesser d'être incolores (fig. 4 et 5). Après la formation de 16 noyaux, parfois même avant, on aperçoit dans le protoplasme fondamental, mélangés à ces chromatophores ou leucites incolores, des granules jaunes dont la coloration passe bientôt à l'orangé; plusieurs d'entre eux grossissent notablement et sont disséminés entre les noyaux (fig. 6). Pour un même stade de développement, le nombre et la grosseur des granules colorés varient d'une anthéridie à l'autre; ils paraissent être plus nombreux à l'époque de l'année où la plante commence seulement à former ses organes reproducteurs. Leur matière colorante est la même que celle que nous allons voir apparaître dans « le point oculiforme » ou « point rouge » des anthérozoïdes; leur forme est arrondie ou ovoïde, parfois même un peu anguleuse.

Le nombre définitif des noyaux est de 64. Dans la figure 6, qui représente seulement la moitié inférieure d'une anthéridie pourvue de 16 noyaux, les nucléoles de ces derniers sont encore assez gros; dans la figure 7, au contraire, qui ne montre que les noyaux situés dans un même plan, lorsque l'anthéridie en

contient 64, les nucléoles sont plus petits relativement au volume des noyaux; bientôt même ils deviennent invisibles et le noyau paraît finement granuleux dans toute sa masse. Il y a donc, au premier abord, analogie avec ce que nous avons rencontré chez les autres Cryptogames au moment où le noyau se transforme en anthérozoïde; mais, chez les Fucacées, le changement d'aspect du noyau n'a plus la même cause, puisque l'anthérozoïde se constitue, comme nous allons le voir, d'une façon bien différente; il rappelle plutôt ce qu'on observe dans les grains de pollen des Phanérogrames, où les noyaux générateurs se distinguent des noyaux végétatifs par l'absence presque générale de nucléoles et par leur richesse en éléments chromatiques.

Au moment où l'anthérozoïde va prendre naissance, des lignes de démarcation apparaissent, qui viennent découper le protoplasme en autant de compartiments qu'il y a de noyaux (fig. 7). Au contact de chacun de ces derniers, agissant comme centres d'attraction, on aperçoit bientôt un chromatophore globuleux réfringent et tout d'abord incolore : c'est là l'origine du point rouge de l'anthérozoïde. D'autres globules, de grosseur égale ou différente, restent isolés dans le protoplasme (fig. 8). Quelquefois, mais c'est là une anomalie, deux globules s'accolent à un même noyau, d'où la présence, déjà remarquée par Thuret, de deux points rouges dans un même anthérozoïde.

Ce globule, qui fait saillie sur l'un des côtés du noyau auquel il est simplement accolé, se colore rapidement d'abord en jaune, puis en orangé, et devient ovoïde. Chez les Fucacées, le point rouge reste toujours orangé; sa face externe est convexe, tandis que l'interne est plane ou même un peu concave, ce qui lui donne un aspect réniforme.

Les lignes granuleuses, apparues dans le protoplasme et qu'on observe parfois encore quelque temps après la différenciation du point rouge, sont toujours excessivement délicates et d'autant plus difficiles à apercevoir qu'elles n'ont, en somme, qu'une existence éphémère. Avec leur formation coïncide la répartition, autour de chacun des noyaux, de la partie fondamentale et très finement granuleuse du protoplasme de l'anthéridie. Les

granules jaunes ou orangés, disséminés d'abord dans le protoplasme, se retrouvent entre les anthérozoïdes pourvus de leur point rouge ; ils restent visibles pendant quelque temps, souvent même jusqu'au moment où les anthérozoïdes sont mis en liberté.

Dans des préparations conservées plusieurs mois dans la glycérine et où les anthérozoïdes avaient leurs points rouges bien colorés, j'ai observé des cristalloïdes bien développés, de forme prismatique, offrant la même teinte que ces points rouges. Selon toute apparence, ils provenaient de la matière colorante des granules orangés disséminés entre les anthérozoïdes complètement développés. En général, et surtout dans la saison la plus favorable au développement, ces granules colorés disparaissent entièrement pendant la formation des anthérozoïdes, et la diminution progressive de leur nombre primitif m'a paru, chez le *Fucus serratus* tout au moins, coïncider avec l'augmentation de la teinte des points rouges.

Thuret a remarqué que le point rouge se colore en vert sale par l'iode, en beau bleu par l'acide sulfurique, comme les points rouges des Euglènes, des Rotifères et des Monocles, comme les granules rougeâtres des anthéridies des *Chara*, des fleurs des *Eschscholtzia*, *Calendula*, etc. Or les granules orangés disséminés entre les anthérozoïdes ont les mêmes réactions que les points rouges, ce qui plaide en faveur de l'identité de la matière colorante des uns et des autres. Il en résulte que les chromatophores de la jeune anthéridie produisent, au cours du développement, les points rouges des anthérozoïdes, tandis que les granules de même couleur qui les accompagnent et qui sont aussi de nature albuminoïde leur fournissent leur matière colorante.

Si maintenant l'on cherche à savoir comment, à partir de l'apparition du point rouge au contact du noyau, se constituent les autres parties du corps de l'anthérozoïde, on voit le protoplasme de chacun des compartiments dont il a été question entourer complètement le noyau et recouvrir en même temps le point rouge d'une couche excessivement mince et à peine

perceptible (fig. 10). Le noyau est excentrique ; autour du protoplasme, on aperçoit une zone plus finement granuleuse aux dépens de laquelle les deux cils prennent naissance. Ils partent l'un et l'autre du point rouge, en deux sens opposés ; celui qui correspond au futur bec de l'anthérozoïde fait une fois le tour du corps ; l'autre, au contraire, en fait deux fois le tour et présentera par conséquent une longueur double. Les figures 11 à 15, où les cils ont été plus ou moins écartés du corps, permettent de voir leur position et leur longueur. Dans la figure 9, la partie supérieure d'une anthéridie est représentée au moment où les cils se différencient ; on conçoit facilement qu'il n'est pas possible de les distinguer sans isoler les anthérozoïdes. En faisant sortir ces derniers après la formation des cils, avant qu'ils ne s'échappent d'eux-mêmes de l'anthéridie, et en les tuant instantanément, on peut de même reconnaître les différentes positions des organes locomoteurs.

Quelque temps déjà avant la maturité, l'anthéridie offre une double enveloppe. L'interne se détache sous la forme d'un sac qui renferme les anthérozoïdes et qui sort, dans une atmosphère humide, à travers l'ostiole du conceptacle, à l'entrée duquel les sacs plongés dans une gelée visqueuse s'accumulent en grand nombre. Il en est ainsi, comme Thuret l'a constaté, dans les *Fucus*, *Ozothallia*, *Pelvetia*, *Himanthalia ;* mais dans les *Halidrys*, *Bifurcaria*, *Cystosira*, la seconde enveloppe manque, et les anthérozoïdes sont expulsés directement et en masse du sac externe. Cette différence provient simplement, comme l'a remarqué M. Dodel-Port (1) et comme je l'ai vu moi-même, d'une gélification de la partie médiane de la membrane primitive de l'anthéridie chez les Fucacées qui possèdent les deux enveloppes mentionnées, gélification qui n'a pas lieu chez les autres.

L'anthérozoïde, qui commence à s'agiter dans le sac, s'en échappe par un bout en redressant ses deux cils; l'extrémité antérieure du corps, située à l'opposé du noyau, s'étire en une pointe mousse; la symétrie du corps est nettement bilatérale et

(1) Dodel-Port : *Biologische Fragmente*, 1885.

dorsiventrale. Le point rouge en occupe la face plane, sur laquelle il fait une légère saillie; il touche ordinairement au noyau, auquel il n'est pourtant pas soudé, car ce dernier se trouve parfois à une petite distance de lui (fig. 16 et 20).

Si l'on fixe par l'acide osmique l'anthérozoïde en mouvement, la coloration par l'hématoxyline permet de reconnaître que les deux cils sont réunis, sur le point oculiforme, par un filet protoplasmique d'une ténuité extrême, que la plupart des autres réactifs ne permettent pas d'apercevoir, et qu'on reconnaît plus facilement peut-être chez le *Fucus vesiculosus* que chez les autres espèces (fig. 18 et 20). On croirait, au premier abord, que le cil antérieur, épaissi à la base, s'insère tout près du point oculiforme, sans pourtant l'atteindre ; mais une coloration intense montre qu'il y a, en réalité, continuité entre les deux cils. L'antérieur, qui joue le rôle de rame, adhère au corps sur une certaine longueur correspondant à sa partie la plus épaisse à la base (fig. 17) ; au contraire, le cil postérieur, qui sert de gouvernail, part directement du point rouge, dans l'angle que ce dernier forme avec le protoplasme (fig. 17, 19). L'adhérence plus marquée du premier avec le corps est en rapport avec les mouvements qu'il doit lui imprimer.

Dans l'anthérozoïde adulte, le noyau n'offre plus un aspect aussi finement granuleux que pendant la formation du corps. On y voit un réticulum chromatique à mailles bien distinctes, quoiqu'il soit assez difficile de le fixer dans sa forme normale. Le protoplasme est formé de granulations si fines qu'on le croirait complètement homogène, et comme il se colore rapidement et d'une façon très intense par la plupart des réactifs de la chromatine, le noyau se trouve bientôt masqué par lui, si l'on n'a pas soin de faire agir ces réactifs en solution très diluée.

Je devais appeler l'attention sur ce fait, parce que la description de l'anthérozoïde des *Fucus*, donnée récemment par M. Behrens (1) et par M. Strasburger (2), pourrait laisser croire que le noyau forme la majeure partie du corps. Pour le premier de ces

(1) *Loc. cit.*, p. 94 et 95.
(2) *Botanische Practicum*, p. 399, 1887.

observateurs, en effet, « chaque spermatozoïde renferme un noyau riche en substance chromatique et qui forme la majeure partie de sa masse. Les réactifs colorent le noyau d'une façon plus intense et laissent autour de lui une enveloppe protoplasmique moins colorée ». D'autre part, M. Strasburger admet que « dans les anthéridies en maturité, presque tout le corps de l'anthérozoïde est formé par de la substance nucléaire, qui n'est recouverte que par une mince couche de protoplasme ».

Il suffira de jeter les yeux sur les figures 16 à 20 pour apprécier la grosseur comparée du noyau et du protoplasme. A la vérité, quand l'anthérozoïde est encore renfermé dans l'anthéridie, le noyau semble relativement plus gros, parce que le corps n'a pas encore pris la forme qu'il aura en liberté ; mais, avec le mélange de fuchsine et de vert de méthyle, on peut déjà, en séparant les anthérozoïdes les uns des autres, constater que le volume du protoplasme égale à peu près celui du noyau.

Les données si précises fournies par Thuret et par M. Bornet sur les particularités qu'on observe dans la forme des anthérozoïdes, dans tel ou tel genre, me dispensent d'insister plus longuement sur le sujet. Toutefois, M. Dodel-Port ayant cru trouver dans une espèce méditerranéenne, le *Cystosira barbata* (1), des caractères assez différents de ceux que Thuret avait observés chez le *C. fibrosa* (2), j'ai tenu à examiner la première espèce, au sujet de laquelle M. Dodel-Port s'exprime ainsi : « A l'intérieur du corps de l'anthérozoïde on trouve ordinairement un gros globule, réfringent et incolore, qui représente sans doute un nucléole, situé vers le milieu ou dans la partie postérieure renflée de l'anthérozoïde. A côté de ce globule incolore, on voit souvent quelques petits granules grisâtres. Du côté opposé au globule, et latéralement, on aperçoit le point oculiforme orangé faisant ordinairement saillie à la surface du corps, dont il occupe la partie la plus épaisse. Les deux cils sont insérés sur le côté, mais nullement sur le point oculiforme. » L'auteur représente, en effet, les deux cils du côté opposé à celui du point rouge ;

(1) *Biologische Fragmente*, p. 17, fig. 7, pl. 4, 1885.
(2) *Études phycologiques*, p. 27.

dans l'une de ses figures, ils s'insèrent l'un à côté de l'autre; dans une autre figure, ils sont très écartés; de plus, leur longueur serait à peu près égale.

J'ai constaté que l'anthérozoïde du *Cystosira barbata* est semblable à celui du *C. fibrosa* étudié et figuré par Thuret. A part la forme un peu moins allongée que chez les *Fucus*, et qui se retrouve d'ailleurs dans d'autres genres, il présente, quant au noyau, que M. Dodet-Port n'a pas aperçu ou qu'il a pris pour un nucléole, et quant à l'insertion et à la longueur relative des deux cils, les mêmes caractères essentiels que dans les autres Fucacées.

En résumé, l'anthérozoïde des Fucacées est une cellule généralement pyriforme, parfois ovoïde, nue et pourvue d'un noyau situé à côté du point rouge dans la partie du corps la plus large, et de deux cils de longueur inégale, qui se forment aux dépens d'un anneau périphérique de protoplasme et se rejoignent à la surface du point rouge. Ce dernier tire son origine des chromatophores primitifs. Le contenu de l'anthéridie n'est pas employé tout entier dans la constitution des anthérozoïdes; le protoplasme forme une notable partie du corps de chacun d'eux.

(*A suivre.*)

ÉTUDES SUR LA VÉGÉTATION

DE LA VALLÉE DE CHAMONIX

ET DE LA CHAINE DU MONT BLANC

Par M. Gaston BONNIER

(*Suite.*)

---

3. — *Zone alpine inférieure.*

On a vu que bon nombre d'espèces de plaines envahissent aussi les prairies alpines au-dessus de la région des sapins et y forment parfois le fond de la végétation. Malgré cela, ce mélange avec les plantes des altitudes inférieures est moins grand que dans la zone subalpine, et l'on peut citer ici beaucoup plus d'espèces caractéristiques. Parmi les plantes vasculaires, celles qui sont à la fois le plus uniformément répandues dans cette zone et le plus localisées au-dessus de la zone subalpine sont les suivantes :

Anemone alpina.
Ranunculus Villarsii.
Cardamine resedifolia.
Viola calcarata.
Trifolium alpinum.
Dryas octopetala.
Geum montanum.
Sibbaldia procumbens.
Potentilla grandiflora.
Epilobium alpinum.
Saxifraga oppositifolia.
Gaya simplex.
Erigeron alpinus.
Leucanthemum alpinum.
Gnaphalium supinum.
Hieracium alpinum.
Vaccinium uliginosum.
Loiseleuria procumbens.
Myosotis alpestris.
Veronica alpina.
Pedicularis verticillata.
Plantago alpina.
Empetrum nigrum.
Pinus Cembra.

Juncus trifidus.
Luzula lutea.
Eriophorum vaginatum.
Carex sempervirens.
Agrostis rupestris.
Cystopteris alpina.

Il faut aussi remarquer que la région intermédiaire entre la zone subalpine et la zone alpine est, dans cette partie des Alpes, beaucoup plus étendue que dans la plupart des autres contrées alpines. Il est difficile d'y caractériser nettement ce qu'on peut appeler la région des Rhododendrons, si bien limitée sur la plupart des montagnes du Dauphiné, de la Suisse ou du Tyrol. Les Rhododendrons (*R. ferrugineum*) et par suite un certain nombre d'espèces qui leur sont associées, s'étendent depuis le bas de la vallée, à l'altitude de Chamonix, jusqu'à la région alpine supérieure, et peuvent être partout très abondants. Il en est de même des *Vaccinum Vitis-Idæa*, *Alchimilla alpina*, *Homogyne alpina*, etc.

Cependant, c'est à peu près à la limite supérieure de la zone subalpine que les Rhododendrons offrent leur maximum d'abondance relative ; mais cette proportion relative est difficile à établir étant donnée l'abondance parfois très grande de ces plantes au-dessous et au-dessus de cette limite.

Parmi les Muscinées, on peut citer comme plus ou moins répandues dans la zone alpine inférieure les espèces suivantes : *Dicranum albicans*, *Pogonatum alpinum*, *Desmatodon latifolium*, *Hypnum glaciale*, *Andræea nivalis*, etc. ; *Gymnomitrium concinnatum*, *Scapania subalpina ; Jungermannia Taylorii*, *J. nana*, *J. alpestris*, *J. trichophylla*, etc.

Parmi les Lichens, dont l'abondance relative devient plus grande, on peut signaler les *Cetraria nivalis*, *C. cucullata*, *Umbilicaria polymorpha*, *Lobaria hypnorum*, *Lecanora rimosa*, *L. ventosa*, *Lecidea atrorufa*, *Stereocaulon nanum*, etc., etc.

4 — *Zone alpine supérieure.*

La zone alpine supérieure est aussi plus mal délimitée inférieurement dans cette partie des Alpes que dans presque toutes

les autres régions de la chaîne, et la flore y est relativement beaucoup plus pauvre encore que dans les autres zones.

On peut citer comme plantes vasculaires assez caractéristiques, les espèces suivantes :

Ranunculus glacialis.	*Senecio incanus.*
Draba frigida.	*Achillea moschata,*
Cardamine bellidifolia.	*Androsace helvetica.*
Potentilla frigida.	*Festuca Halleri.*
Saxifraga groenlandica.	*Poa laxa.*
Erigeron uniflorus.	*Poa cæsia.*

Mais beaucoup d'espèces très répandues, comme les *Silene acaulis*, *Phyteuma hemisphericum*, etc., sont communes aux deux zones de la région alpine.

On a publié en détail la flore du « Jardin » de la mer de glace situé au centre du glacier du Talèfre dont l'altitude est d'environ 2800 mètres; je ne reviendrai pas sur ce point. Une flore analogue s'observe au « Jardin » du glacier d'Argentières et au pied de tous les rochers les plus élevés de la chaîne du mont Blanc.

Pour donner une idée de la distribution des dernières plantes Phanérogames, je citerai l'ordre d'abondance des espèces observées aux Grands-Mulets et qui a été noté avec soin pour le présent travail par M. J. Vallot, auquel ses observations au sommet du mont Blanc ont donné fréquemment l'occasion de passer par ces rochers situés de 3000 à 3050 mètres d'altitude.

Voici les noms des espèces constituant la flore totale des Grands-Mulets, par ordre de fréquence relative :

1° *Saxifraga bryoides*, *Poa cæsia*, espèces les plus abondantes;

2° *Saxifraga groenlandica*, *Saxifraga muscoides;*

3° *Silene acaulis*, *Phyteuma hemisphericum*, *Leucanthemum alpinum*, *Erigeron uniflorus*, *Androsace pubescens*, *Gentiana verna*, *Festuca Halleri*, *Poa laxa;*

4° *Luzula spicata*, *Poa alpina*, *Agrostis rupestris;*

5° *Draba Wahlenbergii*, *Cardamine resedifolia*, *Androsace helvetica*, *Carex nigra;*

6° *Draba frigida*, *Cardamine bellidifolia*, *Potentilla frigida*, *Saxifraga oppositifolia*, *Trisetum subspicatum.*

Cette flore des Grands-Mulets comprend en outre une trentaine d'espèces de Muscinées et une trentaine d'espèces de Lichens, dont la fréquence relative n'a pas été déterminée.

D'une manière générale, comme on le voit d'après ce qui précède, à mesure qu'on s'approche de la limite de la végétation les Mousses et les Lichens deviennent relativement plus abondants et, quoique l'on ait observé quelques-unes des Phanérogames précédentes, entre autres le *Silene acaulis*, sur les rochers les plus élevés de la chaîne, on peut dire qu'au-dessus de 3500 mètres on ne rencontre ordinairement que des Muscinées et des Lichens.

5. — *Zone morainique.*

La flore qu'on observe sur les moraines renferme un certain nombre d'espèces de la zone subalpine et de la zone alpine, ainsi que des espèces de plaines; mais la fréquence relative des plantes y est tout autre. Il est donc nécessaire de séparer cette zone d'une manière spéciale.

On peut d'ailleurs, indépendamment de la distribution différente des espèces citées dans les autres zones, caractériser la flore morainique, inférieure et supérieure, par quelques espèces phanérogames et cryptogames qui s'y trouvent presque localisées. Ce sont surtout les :

Trifolium pallescens.
Epilobium Fleischeri.
Hieracium staticæfolium.
Rumex scutatus.
Thamnolia vermicularis.
Cornicularia ochroleuca.
Stereocaulon alpinum.
Solorina crocea.

Il faut joindre à ces espèces, comme très abondantes dans la région inférieure des moraines : parmi les plantes de plaines les : *Spergularia rubra*, *Myricaria germanica*, *Anthyllis Vulneraria*, *Calluna vulgaris*, *Hippophae rhamnoides*; et là où les dépôts glaciaires commencent à se recouvrir d'espèces arborescentes, les *Salix amygdalina*, *S. purpurea*, *S. retusa*, *Alnus*

viridis, A. incana, Picea excelsa, Larix europæa et çà et là le *Pinus silvestris.*

Dans la flore morainique inférieure, on voit souvent un tapis de mousses que constitue presque exclusivement le *Rhacomitrium canescens,* çà et là remplacé par divers Lichens, et c'est alors sur ce fond de végétation que se détachent les plantes phanérogames citées plus haut.

On trouve aussi parfois, même à l'altitude de Chamonix, un certain nombre de plantes de la région alpine développées sur les moraines; les plus fréquentes sont les *Linaria alpina* et *Silene acaulis.*

C'est surtout sur les moraines médianes, sur les blocs isolés ou sur les touffes, au milieu même des glaciers, que l'on observe jusqu'aux plus basses altitudes possibles, des plantes appartenant aux zones supérieures.

Je citerai en particulier une sorte de « Petit jardin de la Mer de glace » que nous avons exploré, M. Vallot et moi, en traversant le glacier au-dessous du Chapeau pour arriver jusqu'à l'extrémité ouest des Montets et où je suis revenu depuis. Ce point se trouve sur la carte de la planche 7, au sud de la cote 1549, qui est près du Chapeau.

On trouve là sur les blocs erratiques, sur les mottes transportées lentement par la Mer de glace, une flore analogue à celle de la région connue sous le nom de « Couvercle » (voyez pl. 7, à droite, près de la Mer de glace), et qui en provient très probablement, en réalité. Mais tandis qu'au Couvercle, ces plantes végètent à plus de 2300 mètres d'altitude, elles sont ici à moins de 1500 mètres. C'est là un exemple frappant d'une similitude dans la flore à quelques kilomètres de distance et à une très grande différence d'altitude.

Voici quelles sont les principales plantes observées sur ces débris de moraine médiane, au-dessous de 1500 mètres d'altitude :

Ranunculus montanus.
Cardamine resedifolia.
Draba nivalis.
Silene rupestris.
Silene acaulis, V. exscapa.
Cerastium trigynum.
Trifolium alpinum.
Potentilla alpestris.

Alchimilla pentaphyllea.
Sempervivum montanum.
Saxifraga aspera.
Saxifraga aspera, V. bryoides.
Saxifraga muscoides.
Gaya simplex.
Erigeron uniflorus.
Gnaphalium supinum.
Veronica alpina.
Juncus trifidus.
Luzula lutea.
Luzula spicata.
Carex fœtida.
Carex nigra.
Poa alpina.
Festuca Halleri.
Festuca violacea.
Nardus stricta.
Aspidium Lonchitis.
Allosorus crispus.
Desmatodon latifolius, V. glacialis.
Grimmia alpestris.
Rhacomitrium canescens.
Webera acuminata.
Bryum alpinum.
Mnium affine.
Heterocladium dimorphum.
Polytrichum juniperinum, V. alpinum.
Scapania incisa.
Thamnolia vermicularis.
Cladonia rangiferina, V. alpestris.
Stereocaulon alpinum.
Cetraria nivalis.
Lecanora ventosa.
Lecidea geographica, V. alpicola.
Lecidea Morio.
Lecidea armeniaca.
Lecidea superficialis.
Endocarpon miniatum.

Toutes ces plantes, presque sans exception, se retrouvent au Couvercle, et la plupart d'entre elles font partie de la flore morainique supérieure. Cette dernière diffère beaucoup moins de la flore alpine que la flore morainique inférieure ne diffère de la flore subalpine.

4° *Limites des zones végétales.* — D'après les considérations qui précèdent et l'étude de l'ensemble des plantes caractéristiques de chaque zone, on comprend comment il a été possible de déterminer les limites qui séparent ces diverses zones. Il est évident que ces limites ne sont jamais d'une netteté absolue et qu'on passe souvent de la flore d'une zone à la flore de la zone voisine par une série de transitions, mais alors les lignes tracées sur la planche 7 correspondent au milieu de cette région de passage.

C'est donc en m'appuyant sur les observations qui précèdent et seulement après avoir exploré de tous les côtés l'étendue de terrain considérée que j'ai pu essayer de tracer les limites des zones.

1. *Limite supérieure de la zone subalpine.* — En jetant un

coup d'œil sur la planche 7, on voit que la zone subalpine est limitée supérieurement par une ligne très sinueuse (cette ligne est figurée par un trait plein). La limite est en moyenne comme on pouvait s'y attendre, plus élevée sur le versant des Aiguilles-Rouges exposé au sud-est que sur le versant de la chaîne du mont Blanc, exposé au nord-ouest. Indépendamment de l'exposition, les masses de glace du massif principal influent sur l'abaissement en altitude de toutes les limites des zones.

Considérons d'abord la limite supérieure de la zone subalpine prise sur le massif du mont Blanc. En partant de la base du glacier de Taconnaz, où la limite se trouve à 1200 m. d'altitude, au-dessous de la flore morainique, on voit la ligne de délimitation, remonter sur la montagne de la Côte, puis redescendre très bas (1030 m.) au-dessous du glacier des Bossons. Elle remonte encore rapidement pour passer à moins de 200 mètres au-dessus du chalet de Pierre-Pointue, reste entre les altitudes comprises entre 1700 et 1900 mètres et atteint au Montanvert une de ses altitudes les plus élevées. Là, rencontrant la moraine de la Mer de glace, elle s'abaisse et descend jusqu'au fond de la vallée, remonte ensuite au-dessus du Chapeau jusqu'au-dessous des chalets de Lognan, pour s'abaisser de nouveau, passer au-dessous du glacier d'Argentières et remonter encore à une altitude moins considérable.

Il faut noter que des changements de la végétation dans la zone subalpine elle-même peuvent s'observer au voisinage de la flore morainique, lorsqu'elle s'abaisse près d'un glacier, et que le passage de la zone subalpine à la zone des moraines n'est pas toujours aussi brusque qu'on pourrait le croire au premier abord.

Si nous considérons maintenant cette même limite sur le versant des Aiguilles-Rouges qui fait face à la chaîne du mont Blanc, nous trouverons une bien plus grande uniformité dans leur altitude. Sauf l'abaissement très local produit par le grand éboulis du Brévent, au-dessus de Chamonix (minimum de 1540 m. d'altitude), la limite supérieure de la zone subalpine, la courbe est assez régulière.

Notons toutefois qu'à mesure qu'on s'avance vers le nord-est,

c'est-à-dire vers le fond de la vallée de Chamonix, l'altitude de cette limite va en diminuant; c'est ce qu'on peut observer aussi sur l'autre versant, au nord d'Argentières.

On a ainsi, par la comparaison de cette limite sur les deux massifs et par la forme même de la courbe, une vérification très nette de ce fait que la limite d'altitude des mêmes espèces est très variable sur un même versant, et qu'elle passe par des minima sur les lignes de plus grande courbure concave, au fond des vallées; on constate de plus, que ces maxima et ces minima sont d'autant plus écartés que le groupe de montagne considéré possède une région des neiges éternelles plus étendue, toutes les autres conditions étant égales (1).

2. *Limite supérieure de la zone alpine inférieure.* — La limite qui sépare la zone alpine inférieure de la zone alpine supérieure (figurée par une ligne ponctuée sur la pl. 7) est sur la chaîne Aiguilles-Rouges à une altitude moyenne bien supérieure à celle de cette même limite sur la chaîne du mont Blanc, de telle sorte que la distance entre les deux limites est beaucoup moindre sur la chaîne du mont Blanc que sur la chaîne des Aiguilles-Rouges. On peut en conclure que la présence d'une grande masse de glace non seulement abaisse les limites des zones, mais les reserre. Cela se voit au premier aspect, en regardant la planche 7. C'est encore une confirmation très nette d'une loi générale.

Sur le massif du mont Blanc, cette limite est représentée comme coupée nettement par les grands glaciers; en réalité elle s'abaisse aussi avec les glaciers, mais en se confondant avec la limite de la flore morainique. En effet, nous avons vu que sur les blocs erratiques que transportent actuellement les glaciers, sur les mottes qu'ils entraînent, sur les moraines médianes, on observe une flore qui se rapproche beaucoup de la flore alpine supérieure. Il ne serait donc pas exact de tracer horizontalement la limite en question d'un bord à l'autre de la Mer de glace ou du glacier d'Argentières.

(1) Voy. G. Bonnier : *Observations sur la flore alpine d'Europe* (Ann. des sc. nat. 6e série, t. X, p. 37).

La limite supérieure de la zone alpine inférieure passe régulièrement dans chaque vallée secondaire par un minimum, le maximum se trouvant entre deux vallées, et d'une manière générale elle est située au-dessous non seulement de la zone alpine supérieure, mais aussi de la zone morainique supérieure.

3. *Limites de la zone morainique.* — La flore morainique s'étend non seulement sur les moraines actuelles, mais aussi sur les dépôts glaciaires peu anciens et parfois aussi le long des cours d'eau qui descendent des glaciers.

On a indiqué, sur la planche 7, la flore morainique inférieure par des hachures obliques et la flore morainique supérieure par des hachures croisées.

C'est dans la zone morainique que se trouvent les parties du sol mises à découvert par les glaces; nous parlerons plus loin des plantes qui s'y trouvent.

Il serait trop long et sans intérêt de décrire en détail les divers points où s'observe la flore morainique, et je renvoie le lecteur à la carte de la planche 7.

En laissant de côté les limites de la zone morainique, qui sont déterminées par les phénomènes glaciaires, je ferai remarquer que les limites des zones subalpine et alpine sont déterminées surtout, ainsi que je l'ai fait remarquer ailleurs (1), par le séjour plus ou moins prolongé des neiges.

Cela est facile à constater, même dans la belle saison, pour la limite supérieure de la zone subalpine. En effet, lorsqu'il neige en été dans la vallée de Chamonix, on peut constater très facilement, au moment où la neige fond peu à peu sur les montagnes, que les lignes successives de fusion de la neige sont parallèles à la limite supérieure de la zone subalpine, et que cette ligne de fusion coïncide pendant un temps plus ou moins long avec cette limite.

(1) G. Bonnier : *Observations sur la distribution géographique des plantes aux environs du Bourg-d'Oisans* (Bull. de la Soc. bot. de France), tome XXXI, p. 287, 1884.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS, PUBLIÉS EN 1888

I. — Maladies parasitaires *(Suite)*.

Après les arbres fruitiers, les Conifères doivent fixer notre attention à cause de leur importance au point de vue forestier. MM. Bartet et Vuillemin (1) ont étudié cette année une maladie du *Pinus sylvestris* connue sous le nom de Schuette ou de rouge de feuilles. Les plantes sont attaquées la deuxième ou la troisième année ; les feuilles sont envahies par le parasite, qui forme au milieu d'octobre ses spermogonies constituant le *Leptostroma Pinastri*. Ce Cryptogame est le véritable agent de la maladie qui cause de grands dommages dans les pépinières forestières de Bellefontaine près Nancy. Le traitement par la bouillie bordelaise a paru efficace.

Une autre espèce a été observée sur l'*Abies pectinata* et le *Picea excelsa* par M. Hartig (2), c'est le *Trichosphæria parasitica*. Elle possède un mycélium épiphyte envoyant des suçoirs qui s'arrêtent dans la paroi externe de l'épiderme des cellules sans pénétrer à l'intérieur. Le thalle du Champignon tue les bourgeons, et, sur le coussin qu'il forme, on voit se développer à l'automne des périthèces poilus à ascospores cloisonnées.

L'*Herpotrichia nigra*, découvert par le même auteur, est parasite du *Picea excelsa*, du *Pinus montana*, des *Juniperus communis* et *nana* et présente aussi un mycélium épiphyte. Il se développe de préférence sur les branches qui sont recouvertes de neige pendant l'hiver ; grâce à son mycélium noirâtre il peut survivre aux grands froids. Ces particularités expliquent comment on a été amené à renoncer à faire des semis sur les hauteurs, car au printemps, les jeunes plantes ayant été sous la neige étaient toutes détruites par le parasite.

Ajoutons à ces renseignements ceux qui ont été donnés par M. von Tubeuf (3) qui signale le *Botrytis Douglasii* sur le *Pseudostuga Douglasii*, le *Lophodermium brachysporum* sur le *Pinus Strobus*, le *Pestalozzia Hartigii* n. sp. sur les Pins et les Sapins.

Tous les Champignons dont nous avons parlé jusqu'ici attaquent la tige, les feuilles ou les fleurs. M. Hartig (4) a fait l'énumération de ceux qui

(1) Bartet et Vuillemin : *Recherches sur le rouge des feuilles du Pinus sylvestris et sur le traitement à appliquer* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., 27 fév. 1888).

(2) Hartig : *Trichosphæria parasitica* und *Herpotrichia nigra* (Hedwigia, 1888, p. 12). *Herpotrichia nigra*, n. sp. (Bot. Verein München. Bot. Centralblat, t. XXXIV, p. 31).

(3) Voir Tubeuf : *Beiträge zur Kenntniss der Baumkrankheiten* (Berlin 1888, 61 pages, 5 planches). — *Ueber eine neue Krankheit der Douglastanne* (Ber. d. Bot. Vereins in Muenchen. Bot. Centralb. XXXIII, p. 347).

(4) Hartig : *Die pflanzlichen Wurzelparasiten* (Centralblatt fur Bacteriologie und Parasitenkunde, III, 1888, nº 1 à 4).

attaquent les racines. Il rappelle le mode d'action de l'*Armillaria mellea*, du *Trametes radiciperda*, qui produit la pourriture rouge des Pins et des Sapins, du *Polyporus vaporarius*, qui se développe sur le bois de construction, du *Rosellinia quercina*, qui attaque les racines des jeunes semis de Chêne, du *Dermatophora necatrix*, moisissure qui produit le pourridié de la Vigne, des *Rhizoctonia*, qui attaquent les Luzernes. Enfin, il range aussi dans cette catégorie d'êtres destructeurs les mycorhizes, car il n'admet pas la théorie de la symbiose exposée par Frank.

Les *Rhizoctonia* dont nous venons de parler ont été également l'objet des recherches de M. Eidam (1) et de M. Rostrup (2). Le premier de ces observateurs a étudié le *Rhizoctonia Betæ*, qui attaque les jeunes plantes et les racines des Betteraves. En suivant sous le microscope la pénétration du parasite dans les cellules, il a vu comment s'opérait leur destruction. La culture du *Rhizoctonia* dans une décoction de pruneaux n'a pu être menée jusqu'à fructification; il a vu les filaments, d'abord blancs, brunir et former des sortes de sclérotes. Le développement a été suivi plus loin par M. Rostrup, qui a étudié une forme analogue de *Rhizoctonia* causant de grands dommages en Danemark aux cultures de Trèfle, de Carotte, de Hêtre, etc. Sur les racines de ces plantes on voit fréquemment de petits pelotons, d'abord rouges, puis noirâtres, qui se transforment en pycnides au printemps. Il parait donc très vraisemblable maintenant que les Rhizoctones sont des mycéliums d'Ascomycètes.

Certains parasites, inoffensifs ordinairement dans nos pays, sont redoutables en d'autres. Depuis les beaux travaux de Tulasne, de Bary, etc., tout le monde connaît l'histoire des Puccinies, mais on ignore jusqu'à quel point ces hôtes peuvent devenir dangereux pour les grandes cultures de Blé. M. Prillieux (3) a montré récemment à la Société mycologique des échantillons de Blé qui avaient été attaqués au Brésil par un de ces parasites et dont les feuilles étaient entièrement couvertes de taches noires. Son extension a été telle qu'on a dû renoncer à la culture du Blé dans ce pays. L'observation a permis de constater qu'on avait affaire au *Puccinia straminis*. Le gouvernement du Brésil, qui demande un remède contre ce fléau, devra faire détruire les Borragniées, hôtes du printemps pour le Champignon, qui doivent se trouver autour des champs de Blé. On comprend donc qu'on ne saurait trop recommander de détruire l'Épine-Vinette; en France, la Société d'agriculture vient de proposer au Parlement de rendre cette destruction obligatoire; un rapport de M. Cornu établit qu'il est des années où la Puccinie du Blé est si abondante que la fructification des Céréales est compromise et le chaume rendu impropre comme fourrage.

(1) Eidam : *Untersuchungen zweier Krankheitserscheinungen die an den Wurzeln der Zuckerruebe in Schlesien seit letztem Sommer ziemlich häufig vorgekommen sind* (Jahresb. der schles. Gesell. f. vaterl. Cult.)

(2) Rostrup : *Recherches sur le genre Rhizoctonia* (Oversigt over der K. Danske Videnskabernes Selskabs. Forhandlingar).

(3) Prillieux : Bull. de la Soc. mycol. de France, t. IV, 2e fasc., p. 61.

Quelques autres plantes cultivées ont été attaquées également en Italie par des parasites, le Chanvre, le Trèfle, les Tulipes, le Néflier du Japon (*Eriobotrys japonica*), l'Olivier et le *Banksia robur*, qui est cultivé à Pavie. Chez toutes ces plantes M. Cavara (1) a trouvé des Cryptogames. Le Chanvre est attaqué dans l'Émilie et les Romagnes par une Sphéropsidée, le *Dendrophoma Marconii*. Les Trèfles sont envahis par le *Polythrincium Trifolii*, l'*Uromyces Trifolii*, états imparfaits du *Pseudo-peziza Trifolii*. Une Sphéropsidée nouvelle a été rencontrée sur le *Trifolium repens*, le *Phleospora Trifolii*. Les Tulipes du jardin botanique de Pavie se sont couvertes au moment de la floraison d'un *Botrytis* nouveau, *B. parasitica*, qui produit des sclérotes dans les feuilles, les tiges et les feuilles. Le Néflier du Japon, cultivé à Casertes, est attaqué par un Champignon tout à fait nouveau dont l'auteur a fait un genre spécial, *Basiascum*, voisin des Mélanconiées. L'Olivier, qui a déjà de nombreux ennemis, s'est couvert d'une espèce nouvelle, le *Plenodomus Oleæ* et le *Banksia* du *Pestalozzia Banksiana*.

Signalons, en terminant cette longue énumération, la production d'une maladie des Carottes sauvages et du *Meum mutellinum*, due au *Protomyces macrosporus*, observée par M. Sadebeck (2) dans les Alpes, et le Catalogue de M. Rostrup (3) des plantes de culture attaquées par les Champignons en 1888, aux environs de Copenhague; comme renseignement complémentaire, ajoutons que l'hyposulfite de soude a été indiqué par M. Arthur (4) comme propre à arrêter les dégâts du *Fusicladium dendriticum* sur les Pommes.

Les parasites des végétaux préoccupent bien moins les mycologues que ceux des animaux. L'étude des Bactéries dans le vaste champ des recherches médicales accapare tous les esprits. On ne saurait cependant trop recommander l'étude des Champignons pathogènes vers laquelle on reviendra d'ici peu, nous n'en doutons pas. L'apparition du livre de M. Sorokine (5) sur les parasites végétaux de l'homme paraît déjà l'indiquer. Dans cet ouvrage considérable, publié en russe malheureusement, qui comprend cinq volumes, l'auteur étudie les organismes végétaux qui attaquent l'homme ou les animaux domestiques. Chaque volume est suivi d'une bibliographie très vaste et d'un atlas contenant maintenant 1100 figures.

Les Cryptogames ne sont pas toujours funestes, ils peuvent rendre des services marqués s'ils détruisent les Insectes nuisibles. On conçoit donc que si l'on créait artificiellement des épidémies sur ces derniers animaux que l'on pourrait rendre un très grand service à l'agriculture. M. Kraselts-

(1) Cavara : *Appunti di patologia vegetale* (Istituto bot. della. R. Univ. di Pavia Lab. crittogamico ital.).

(2) Sadebeck : *Ueber einige durch Protomyces macrosporus erzeute Pflanzenkrankheiten* (Stizb. der Gesellsch. fur Bot. zu Hamburg, III, p. 80).

(3) Rostrup : *Katalog over en plantepathologisk Samling bestaænde of Landbrugs-og Skovbrugs planter som ire angrebne af Snyltesvampe.*

(4) Arthur : *Report of the Bot. to the New-York agricultural experiment.* Station Geneva. Albany, 1887.

(5) Sorokine. *Parasites végétaux de l'homme et des animaux comme cause des maladies infectieuses*, 5 vol. in-8°, 1883-1888 (en russe).

CHIK (1) a appliqué cette idée en fondant en Russie, à Smela, une usine où il fabrique une Muscardine verte dont il sème les spores sur le sol de manière à détruire les larves de *Cleonus punctiventris*, qui attaque les Betteraves. La Mucédinée est cultivée sur un liquide, formé principalement d'infusion de malt d'orge, dans des réservoirs plats; tous les quinze jours on fait la récolte jusqu'à épuisement du liquide nutritif, et on laisse sécher toutes les plaques de Muscardine ainsi obtenues. En semant les spores de ce Champignon dans une caisse fermée contenant des Betteraves et des larves de l'Insecte, M. Kraseltschik a constaté que 55 à 80 p. 100 de ces dernières étaient détruites au bout de dix-huit jours. Cette méthode de destruction avait déjà été préconisée par M. Metschnikoff, et il y a lieu d'espérer qu'elle pourra être généralisée.

Relevons, pour clore ce chapitre, une note de M. MONIEZ (2) sur un nouveau parasite du Ver-à-soie, qui n'est ni la pébrine ni la muscardine, formé de cellules rondes de 3 μ de large sans noyau.

II. — OUVRAGES DESCRIPTIFS ET GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

Nous venons de voir, dans le précédent chapitre, quel rôle important peuvent jouer les parasites végétaux. Cette revision nous fait comprendre immédiatement la nécessité d'arriver à une détermination facile et sûre de ces Cryptogames; à ce point de vue, les grands progrès faits durant ces dernières années dans l'étude systématique des Champignons ont contribué largement à l'avancement de la pathologie végétale. Ces progrès sont dus surtout à l'influence de M. SACCARDO. Ce savant italien a résolu le problème difficile qui consistait à donner le tableau général de toutes les formes fungiques connues à la surface du globe. Il a mené cette œuvre presque à bonne fin avec une extrême rapidité, car le *Sylloge fungorum* comprend maintenant sept volumes. L'année 1888 a vu paraître trois parties nouvelles. Un tome sur les Gastéromycètes (3), Phycomètes (4) (Mucorinées, Péronospées, Saprolégniées, Chytridinées, Entomophthorées, etc.), Myxomycètes (5), un second sur les Polyporées, Clavariées, Théléphorées, Hydnées et Trémellinées, et un troisième sur les Urédinées et les Ustilaginées (6). Ce travail immense, un des plus importants qui aient vu le jour pendant ces dernières années, est donc près de sa fin.

La flore de Silésie, par M. SCHRŒTER, celle d'Allemagne, par WINTER, continuée par M. REHM, s'éditient bien plus lentement; aussi n'y a-t-il pas lieu

(1) Voir Laboulbène. Société entomologique de France, 1888.
(2) Moniez : Bull. de la Soc. zool. de France, XII, 1888, p. 535.
(3) *Phalloideæ*, par Fischer. *Nidulariaceæ*, *Lycoperdaceæ*, *Hymenogastraceæ*, par Toni.
(4) *Phycomyceteæ*, par Berlèse et Toni.
(5) *Mycomyceteæ*, par Berlèse.
(6) Le volume VI sur les Polyporées, etc., par Saccardo, a 928 pages ; le VII° vol. par le même auteur, sur les Ustilaginées et Urédinées, a 880 pages.

de s'étonner de trouver dans l'exécution de cet ouvrage une plus grande perfection. Le quatrième fascicule du travail de M. Schrœter contient les Auriculariées et le commencement des Basidiomycètes jusqu'aux Agaricinées. Les trois nouveaux fascicules, publiés par M. Rehm depuis la mort de Winter, contiennent les Hystériacées, les Phacidiacées, Stictidées et Tryblidiées.

Les flores mycologiques se multiplient dans tous les pays. En France, il faut signaler l'apparition de la flore mycologique de M. Quélet (1) et la flore cryptogamique de l'Aube, par M. Briard (2). Le premier traité ne comprend que les Basidiomycètes à l'exclusion des Gastéromycètes; les descriptions sont un peu plus détaillées que dans l'*Enchiridion*, mais l'absence de clefs, le remaniement complet de la classification, rendent cet ouvrage peu commode pour les personnes non familiarisées avec l'étude des grands Champignons. Les mycologues, par contre, y trouveront condensées les diagnoses très nombreuses des espèces nouvelles, publiées par l'auteur dans les nombreux suppléments de la Flore mycologique de la France, et un classement fondé souvent sur une profonde connaissance des espèces.

Les énumérations d'espèces nouvelles sont également très nombreuses.

Citons encore, en France, les Champignons observés récemment en Normandie par M. Malbranche (3), dans l'Aube par M. Briard (4), par M. Celotti dans le parc de l'École d'agriculture de Montpellier (5), dans les Pyrénées par M. Ferry de la Bellone (6), dans la Loire-Inférieure par M. Menier (7), aux environs de Paris pendant la session mycologique des Sociétés botanique et mycologique par M. Rolland (8), aux environs de Saintes par M. P. Brunaud (9) dans les Alpes-Maritimes par M. Barla (10), près de Luchon par M. Quélet (11). Ajoutons à ces différentes notes les deux suppléments sur les

(1) Quélet : *Flore mycologique de la France et des pays limitrophes*. Paris, 1888.

(2) Briard : *Flore cryptogamique de l'Aube*.

(3) Malbranche : *Plantes rares, litigieuses ou nouvelles, observées récemment en Normandie* (sess. crypt. des Soc. bot. et mycolog. 1888, p. XXXII).

(4) Briard : *Champignons nouveaux de l'Aube* (Rev. mycolog., t. I, p. 125).

(5) Celotti : *Micetti del parco e dintorni della Scuola naz. di agricoltura di Montpellier*. Conegliano, 38 pages avec une planche.

(6) Ferry de la Bellone : *Additions aux espèces pyrénéennes récemment indiquées par M. Quélet* (Rev. mycol., X, p. 211, note).

(7) Ménier : *Contributions à la Flore mycologique de la Loire-Inférieure* (Trav. de la Soc. acad. de Nantes), 10 espèces d'Hypogées nouvelles pour la région.

(8) L. Rolland : *Rapports sur l'Exposition cryptogamique des 16 et 17 octobre et sur les herborisations qui ont eu lieu pendant la session* (Carnelles, Herblay, Pierrefonds, Fontainebleau) (sess. crypt. des Soc. bot. et myc. 1888, p. LXI).

(9) Brunaud : *Matériaux pour la Flore mycologique des environs de Saintes*. (Act. de la Soc. linn. de Bordeaux, 1888), 36e supplément, contenant surtout des Ascomycètes et des formes imparfaites.

Nouveaux fragments mycologiques, 2e *série. Herborisations mycologiques aux environs de Saintes*, 1886-1887, *Basidiomycètes, Ascomycètes et formes imparfaites* (Ext. des Ann. de la Soc. des sc. naturelles).

(10) Barla : *Liste des Champignons nouvellement observés dans les Alpes-Maritimes* (Mémoires de la Soc. mycolog. de France, III, 3e fasc.).

(11) Quélet : *Champignons charnus des environs de Luchon* (Revue mycol., t. X, p. 20), 170 espèces et 3 nouveautés, qui seront décrites ultérieurement.

espèces nouvelles de la Flore de France de M. Quélet (1), qui constituent le quinzième et le seizième supplément à l'ouvrage des Champignons du Jura et des Vosges. Terminons cette liste en indiquant l'achèvement de l'Atlas des Champignons de MM. Roze et Richon (2).

La florule cryptogamique de l'Aube, de M. Briard, résume de très nombreuses recherches; plus de dix-sept cents espèces se trouvent consignées dans ce travail consciencieux, parmi lesquelles environ 550 Basidiomycètes, 450 Ascomycètes et 400 Sphéropsidées et Hyphomycètes. C'est surtout dans ces trois derniers groupes que sont relatés les résultats les plus importants; de très nombreuses espèces nouvelles y sont décrites appartenant aux genres *Lachnella*, *Dermatea*, *Habrostictis*, *Phacidium*, *Sphærella*, *Gnomoniella*, etc., parmi les Ascomycètes, aux *Phoma*, *Fusicoccum*, *Diplodia*, *Chaara*, etc., parmi les Sphéropsidées et Hyphomycètes. On ne saurait donc trop féliciter l'auteur d'avoir publié un résumé qui sera toujours consulté avec fruit.

En Belgique, il faut d'abord mentionner la flore mycologique de M. Lambotte (3). Le premier supplément de l'ouvrage principal, paru en 1880, contient les Hyménomycètes, Pyrénomycètes et Discomycètes; 1070 espèces y sont énumérées et des clefs systématiques se trouvent en tête de chaque groupe. Mmes Brommer et Rousseau (4) ont également publié une addition nouvelle à la flore de Belgique, comprenant 500 espèces presque toutes nouvelles pour le pays. M. Mouton (5) a signalé 80 espèces d'Ascomycètes aux environs de Liège, parmi lesquelles 23 nouvelles. Enfin, un certain nombre de Champignons de l'Ardenne ont été étudiés par M. Saccardo.

En Hollande, M. Oudemans (6) a publié un nouveau fascicule des Contributions à la flore mycologique des Pays-Bas contenant 111 espèces nouvelles ou rares.

La description des Champignons de l'Angleterre a été l'objet des travaux de M. Massee (7), qui s'est occupé des Pyrénomycètes, de M. Cooke (8), qui a constaté, entre autres choses, la naturalisation d'une espèce d'un genre

(1) Quélet : *Quelques espèces nouvelles, ou critiques de la Flore mycologique de France* (Bull. de l'Assoc. fr. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Nancy, 1886. Congrès de 1887). Le 15e supplément contient 39 espèces, dont 15 nouvelles ; le 16e contient 13 nouveautés.

(2) Roze et Richon : *Atlas des Champignons.*

(3) Lambotte : *Flore mycologique de la Belgique, 1er supplément* (Ext. des Mém. de la Soc. des sc. de Liège, 2e série, t. XIV).

(4) Brommer et Rousseau : *Contributions à la Flore mycologique de la Belgique* (Bull. de la Soc. roy. de Belg., t. XXVI, p. 187-241).

(5) Mouton : *Ascomycètes observés aux environs de Liège* (Bull. de la Soc. roy. de bot. de Belgique, t. XXVI, p. 187).

(6) Oudemans : *Contributions à la Flore mycologique des Pays-Bas*, XII (Extrait des Overdr. Ned. Krudk. Arch. V, 1888, p. 142, pl. V).

(7) Massee : *British Pyrenomycetes* (Grevillea, n° 80, p. 117). Étude des genres Psilosphæria, Rosellinia, Melanomma, Strickeria, Sordaria, Sporormia.

(8) Cooke : *New British Fungi* (Grevillea, XVI, p. 77). Quelques Basidiomycètes, mais surtout les Sphéropsidées et les Hyphomycètes. *Illustration of British Fung* fasc. 53-64.

tropical *Mutinus* (1), voisin des *Phallus*, qui se développe sur les Bambous cultivés; son mycélium a dû être transporté en Angleterre avec des végétaux exotiques; il sera intéressant de voir si cette espèce (*M. Bambusina* (Zoll) E. Fischer) se maintiendra.

La flore allemande s'est enrichie, ces dernières années, d'un grand nombre d'espèces, dont le recensement a été fait, pour l'année 1886, par M. Ludwig (2). Ce travail important comprend quatre parties. La première contient la liste des quarante-trois mémoires dans lesquels se trouvent des renseignements sur la question; la deuxième contient l'énumération des espèces nouvelles; la troisième indique les espèces nouvelles ou remarquables pour les différents territoires de l'Allemagne; un dernier paragraphe est consacré aux maladies des plantes. Il serait à souhaiter que l'on fît dans tous les pays et pour toutes les branches de la science une revision aussi méthodique et aussi complète. Comme complément au travail précédent, citons l'étude de M. Britzelmayer (3) sur les Hyménomycètes de la Bavière méridionale.

En Autriche, les recherches sur la flore fungique se trouvent résumées dans le nouveau fascicule de M. Beck (4) sur les Champignons de la basse Autriche; 74 espèces nouvelles pour la région y sont mentionnées. Dans les environs de Trente, M. Bresadola a continué ses études et publié deux fascicules des *Fungi Tridentini* (5). On y trouve une réponse de l'auteur à M. Quélet, qui avait négligé ou méconnu un certain nombre de ses espèces dans l'Enchiridion.

Deux notes, l'une de M. Berlèse (6), l'autre de M. Martelli (7), donnent des renseignements nouveaux sur les Champignons italiens.

Les Cryptogames de la Finlande ont été encore cette année l'objet de nouvelles publications de l'éminent mycologue de Mustiala, M. Karsten (8). Les montagnes de la Norwège ont été étudiées par M. Henning (9), le

(1) Cooke : *Mutinus bambusinus in Britain* (Grevillea, sept. 1888).

(2) Ludwig : *Bericht der Commission für die Flora von Deutschland*, 1886, *Pilze* Berichte der deutschen bot. Gesellschaft, t. V, p. CLXX).

(3) Britzelmayer : *Hymenomyceten aus Südbayern* (Bericht des naturwiss. Vereins für Schwaben und Neuburg in Augsburg, p. 271).

(4) Beck : *Zur Pilze Niederœsterreichs IV* (Verhandl. der k. k. zoolog. bot. Gesellsch. in Wien, t. XXXVI, p. 55).

(5) Bresadola : *Fungi Tridentini, novi vel nundum delineati*. Trente, avec de belles planches en couleur.

(6) Berlèse : *Fungi veneti novi vel critici* (Malpighia, I fasc. 12).

(7) Martelli : *Due Funghi novi dell' agro Bellunese* (Nuovo giornale bot. ital., 1888, n° 3, p. 395).

(8) Karsten : *Diagnoses fungorum nonnullorum novorum, in Fennia detectorum* (Revue mycolog., X, p. 73). — *Fungi non fennici* (id. X, p. 149). — *Symbolæ ad Mycologiam Fennicannam*, XXII à XVIII. — *Fragmenta mycologica* XXIV (Hedwigia, 1880, p. 260).

(9) Henning : *Vextysiognomiska antenek. f. vest. Harjedalen. Hymenomycet.* Stockhelm, 25 pages.

Gothland par M. Rob. Fries (1) et le Groenland par M. Rostrup (2).

L'étude de la répartition géographique d'un genre peut fournir des remarques intéressantes, M. Johanson (3) vient de faire cette revision pour les 21 espèces scandinaves du genre *Taphrina*. Il a constaté que quatre d'entre elles ne se trouvent que dans la région alpine des pays scandinaves *T. nana*, *alpina*, *bacteriosperma* et *carnea*; elles n'ont jamais été observées dans l'Europe centrale. Le *T. bacteriosperma* n'a été trouvé qu'au Groenland. Inversement le *T. epiphylla*, qui se développe sur l'*Alnus incana* en Autriche-Hongrie, l'*Ascomyces endogenus*, étudié par M. Fisch et le *T. Umbelliferarum* de Danemark, n'ont pas été observés jusqu'ici en Scandinavie.

Le Groenland nous amène à parler des pays extra-européens dont l'étude offre aux mycologues une si ample moisson de choses nouvelles. Signalons d'abord les travaux entrepris sur les colonies françaises. Les Champignons du Tonkin récoltés par M. Balansa ont été étudiés par MM. Berlèse et Roumeguère (4), qui signalent parmi ces Cryptogames l'*Hemileia vastatrix* qui produit tant de ravages sur le Caféier. Une liste (5) de 64 espèces (dont 9 nouvelles) des Champignons de la Nouvelle-Calédonie a été également donnée par M. Patouillard.

Ce dernier auteur a publié, en collaboration avec M. Gaillard, un mémoire rempli de faits nouveaux sur les Cryptogames récoltés par ce dernier dans un voyage le long de l'Orénoque (6). On y trouve d'abord des renseignements intéressants sur les caractères de la végétation fungique de cette région. La saison des pluies commence en avril, et à ce moment apparaissent les espèces gélatineuses telles que les *Laschia* et *Auricularia*. Les formes coriaces, comme les *Lenzites*, *Lentinus*, *Polyporus*, *Marasmius*, se montrent beaucoup plus tard. Les types terrestres sont toujours extrêmement rares; les espèces qui poussent sur le bois sont, au contraire, très nombreuses; cette remarque établit une différence profonde entre la flore cryptogamique de ces pays et celle de nos forêts européennes. Certains groupes paraissent avoir leur centre de rayonnement dans ces régions, cela est vrai pour cet ensemble de formes auquel appartient le *Polyporus lucidus*, qui est le représentant égaré en Europe d'une tribu tropicale. Les Leucocoprins s'y rencontrent aussi très fréquemment, ils ne sont représentés en Europe que par une espèce des serres (*Lepiota cœpestipes*).

Quelques espèces se trouvent partout, ce sont : les *Collybia rheicolor*,

(1) R. Fries : *Synopsis Hymenomycetum regionis Gothoburgensis*. Gottemburg 1888, 80 pages (Acta Reg. soc. Gothob. t. XXIII).

(2) Rostrup : *Fungi Groenlandiae*. Copenhague 1888 (Sœrtryk Medelelser om Gronland III, p. 517).

(3) Johanson : *Studien über die Pilzgattung Taphrina* (Bot. Centralblatt, t. XXXIII, p. 222).

(4) Berlèse et Roumeguère : *Les Champignons du Tonkin* (Revue mycolog. p. 75).

(5) Patouillard : *Champignons de la Nouvelle-Calédonie* (Bul. de la Soc. mycolog., t. III, 3e fascicule).

(6) Patouillard et Gaillard : *Champignons du Vénézuéla et principalement du Haut-Orénoque récoltés en 1887 par M. Gaillard* (Bull. de la Soc. mycolog. de France t. IV, 2e fasc., p. 9, avec 8 planches).

Polyporus sanguineus, *Favolus hispidulus*, *Naucoria pediades*, *Hygrophorus conicus* et *miniatus*.

Le mémoire de MM. Patouillard et Gaillard comprend, en outre, 132 espèces, parmi lesquelles on remarque comme nouvelles 27 Agaricirées, 12 Polyporées, 1 Hydnée, 3 Théléphorées, 3 Clavariées, 2 Hétérobasidiées.

Un travail analogue de M. SPEGAZZINI (1) sur les Phalloïdées de la République argentine est également très instructif. Sur 73 espèces de Phalloïdées, l'Europe n'en renferme que 4, le centre et le sud de l'Amérique possèdent 16 représentants de cette famille. Dans la République argentine seule l'auteur a trouvé des espèces des genres *Ithyphallus*, *Mutinus*, *Simblum*, *Clathrus* et *Lysurus*.

La Patagonie et surtout la terre de Feu ont fourni au même auteur l'occasion de curieuses remarques. La terre de Feu, couverte de forêts épaisses, de prairies inondées, est très favorable à la croissance des Champignons. Les Agaricinées y sont communes et surtout les Cortinaires. Quelques genres manquent complètement (Lactaires, Russules, Hygrophores), les Polyporées (sauf les Bolets) y abondent. M. SPEGAZZINI avait récolté dans ce voyage près de 1200 espèces, un naufrage lui en a fait beaucoup perdre, plus de la moitié, aussi sa liste se réduit-elle à 500 espèces.

L'Amérique du Nord est également l'objet de nombreuses explorations cryptogamiques. M. PECK (2), chercheur infatiguable, a publié son 39e rapport sur les Champignons de New-York comprenant un synopsis des espèces des genres *Pleurotus*, *Crepidotus* et *Claudopus*. Le Bulletin du Musée d'histoire naturelle des États de New-York (3), entièrement consacré à la Mycologie, est également dû au même auteur. MM. FARLOW et SEYMOUR (4) ont fait paraître cette année un livre utile indiquant les Champignons qui se rencontrent sur les différentes plantes phanérogames ; leur travail ne s'étend encore qu'aux Polypétales, des Renonculacées jusqu'aux Araliacées.

Les Champignons des colonies anglaises, et principalement de l'Australie, sont l'objet de plusieurs mémoires de M. COOKE (5). Ceux de la presqu'île de Malacca ont déjà été étudiés, en partie, par ce même auteur en 1884 ; ils avaient été récoltés par l'abbé Scortechini, intrépide explorateur, qui est mort prématurément à Calcutta en 1886. Un dernier envoi de 123 échantillons a été examiné par MM. SACCARDO et PAOLETTI (6), qui y ont trouvé

(1) Spegazzini : *Las Faloideas* (Ann. de la Societad cientifica Argentina XXIV, p. 59). — Consulter également du même auteur *Les Trufas argentinas*, Buenos-Ayres 1887. — *Fungi patagonici* (Bull. de l'Acad. des sc. de Cordoba, t. XI, 1887, 61 pages). *Fungi Fuegiana* (Bull. de l'Acad. de Cordoba, XI, 1887, 176 pages.

(2) Peck : *Thirty ninth Report of the New York* st. mus. of nat. Albany, 1886.

(3) On trouve dans ce recueil : *Descriptions of new species of New York fungi*. — New-York, species of Paxillus.

(4) Farlow and Seymour : *Host Index of the Fungi* of the United States, I.

(5) Cooke : *Australian Fungi* (Grevillea, XVI, p. 72). *Some exotic Fungi* (Grevillea, XVI, p. 69). (Champignons du Missouri, Afghanistan, Niger, Guyanne anglaise, Inde, etc.).

(6) Saccardo et Paoletti : *Mycetes malacenses* (Atti del r. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, t. VI, série 7, 42 pages planches V à VII).

30 espèces nouvelles et deux genres nouveaux (*Rousselia* et *Penzigia*), qu'ils ont dédiés à deux mycologues distingués.

Enfin, terminons en signalant une exploration cryptogamique de l'Asie centrale par M. Sorokine (1). L'auteur a parcouru pendant trois ans les montagnes du Hindou Kouch (Tsian-Tsian),et a rapporté des matériaux très nombreux, dont il a publié un fragment ; la première partie de son étude, qui doit réunir plus de 500 planches sur les Champignons, comprend les Gastéromycètes, Ustilaginées, et Urédinées. J. Costantin.

(1) Sorokine : *Explorations cryptogamiques de l'Asie centrale*. Moscou, in-8° (Extrait du Bull. des naturalistes de Moscou).

GERMINATION DES LICHENS

SUR LES PROTONÉMAS DES MOUSSES

Par M. Gaston BONNIER

Les recherches que j'ai entreprises sur la synthèse des Lichens par cultures pures (1) et les essais que j'ai faits pour faire germer des spores de Lichens sur des Algues différant des gonidies du Lichen (2), m'ont amené à faire des tentatives analogues avec les protonémas des Mousses.

1° *Introduction.* — J'ai observé souvent, sur des échantillons récoltés dans la nature, des protonémas de Mousses, ces filaments sur lesquels, comme on sait, se développent les tiges feuillées des Mousses; beaucoup de ces protonémas étaient envahis par des ramifications de Lichens qui les revêtaient souvent d'une manière très régulière. Je citerai par exemple des protonémas de *Dicranella varia*, d'*Hypnum cupressiforme*, de *Mnium hornum*, de *Phascum*, etc., qui sont fréquemment recouverts par des filaments lichéniques les enlaçant d'une manière très étroite. Non seulement cela peut se voir sur les filaments verts des protonémas, mais aussi sur les filaments bruns qui se produisent à la base des tiges feuillées. Tel est celui que représente la figure 1 (pl. 8), qui montre une telle branche protonémique brune de *Dicranella varia* envahie par des filaments de *Cladonia pyxidata*, prise sur un échantillon recueilli à Fontainebleau.

(1) G. Bonnier: *Recherches sur la synthèse des Lichens* (Ann. des sc. nat.; Botanique 1889, p. 1).

(2) G. Bonnier : *Recherches sur la germination des Lichens avec des Algues différant des gonidies du Lichen* (Compt. rend. de la Société de biologie 1888, p. 541.)

Parfois, des gonidies sont mêlées à ces filaments et, en ce cas, ces derniers sont reliés au thalle ordinaire par un feutrage plus serré des hyphes. Mais il arrive quelquefois que l'on rencontre un pareil feutrage, sans gonidies, sur une très grande longueur revêtant les ramifications protonémiques.

Il semble qu'en beaucoup de circonstances, les spores de Lichens, germant sans Algues, peuvent attendre longtemps la présence de ce complément indispensable de leur organisation, en vivant ainsi comme parasites sur les protonémas.

2° *Cultures comparées faites avec protonémas.* — Les observations qui précèdent m'ont donné l'idée d'essayer de réaliser par des cultures l'association d'un champignon issu d'une spore de Lichen avec un protonéma de Mousse. J'ai installé d'abord, dans ce but, des cultures pures de protonémas sur du sable stérilisé qui avait été rendu rendu humide par de l'eau bouillie et dans des appareils mis à l'abri des germes de l'air.

Ces cultures ont réussi facilement en faisant germer les spores des Mousses suivantes :

Hypnum cupressiforme.	*Mnium hornum.*
Barbula muralis.	*Dicranella varia.*
Funaria hygrometrica.	*Phascum cuspidatum.*

C'est alors, sur ces cultures développées, que je semais ensuite les spores de Lichens.

Dans d'autres cas, je semais en même temps les spores de Mousses et les spores de Lichens (Voyez le début de culture que représente la figure 2, pl. 8) ; mais ordinairement, comme la germination des spores de Lichens, lorsqu'elle se produit, a lieu plus rapidement que la germination des spores de Mousses, le premier procédé est préférable.

Dans tous les cas, il était fait une culture comparée, avec les spores de Lichens seules.

Si l'on étudie, par exemple, la germination des spores de *Parmelia aipolia* sur les filaments de protonéma d'*Hypnum cupressiforme*, en culture cellulaire pure sur une lamelle de

verre, on voit les filaments du Lichen revêtir déjà d'un réseau régulier les ramifications du protonéma. Ce revêtement s'est continué jusqu'au bout de toutes les branches du protonéma de la Mousse dans plusieurs cultures analogues. Une culture semblable de spores de *Parmelia aipolia* soit sur lamelle seule, soit avec des grains de sable, des fragments de paille ou de verre filé (le tout stérilisé, bien entendu) n'a jamais donné, dans les mêmes conditions, un développement comparable à celui observé sur le protonéma.

Dans d'autres cultures, telles que celle que représente la figure 3 (pl. 8), le revêtement du protonéma de *Barbula muralis* par les filaments de *Parmelia physodes* était encore beaucoup plus serré et allait presque jusqu'à la formation d'un faux tissu. Un semblable revêtement est tout à fait analogue à celui qu'on observe chez certains Lichens dont les gonidies sont formées par des Algues filamenteuses, tels que ceux si bien décrits et figurés par M. Bornet.

3° *Formation de propagules du protonéma de la Mousse, au contact du filament lichénique.* — Parmi ces cultures, dont la description serait toujours sensiblement la même, je signalerai particulièrement celles faites sur le protonéma du *Mnium hornum*.

Avec les gros filaments du protonéma de cette Mousse, la germination des Lichens ne m'a rien présenté de bien particulier ; mais, lorsqu'on cultive le Lichen sur des protonémas de *Mnium* qui ont produit des branches plus grêles *p*, figure 4 (pl. 8), on voit souvent un phénomène assez curieux. Ces branches, plus grêles que les filaments ordinaires du protonéma (P), sont envahies par les hyphes du Lichen *f* qui se ramifient particulièrement en certains points, émettant des crampons tout à fait analogues à ceux qui entourent les gonidies des Lichens. Dans ces régions, le filament protonémique se renfle, bourgeonne, accumule dans les parties renflées un protoplasma plus dense, puis s'isole par une cloison (*pr*, *pr*, *pr*, fig. 4).

Dans les cultures où s'observait ce développement, la paroi

plus épaissie de ces sortes de propagules semblait s'opposer à la continuation de l'association des filaments, et lorsque deux ou trois mois après, tout le reste de la culture avait disparu, il ne restait plus que ces sortes de propagules du protonéma ; j'ai réussi à faire germer ces dernières sur du sable humide où elles ont donné des protonémas de *Mnium*, sans la moindre trace de filaments du Lichen. On a donc, en ce cas, un exemple assez remarquable d'un mode de défense de la Mousse contre l'envahissement par les filaments lichéniques.

J'ai pu obtenir sur des fragments de roche, et même sur des lamelles de verre, des plaques constituées par l'association de divers protonémas avec des filaments issus des spores de Lichens, et j'ai eu l'occasion de les présenter à l'état vivant, dans une séance de la Société botanique de France, en 1884 (1).

Jamais je n'ai vu les cultures produire des fructifications (apothécies, conidies ou autres), sur les filaments lichéniques et ordinairement les cultures ont fini par la destruction du protonéma sur lequel les filaments semblaient agir comme parasite. C'est aussi ce que l'on observe dans la nature, et ce genre d'association partielle ne peut qu'aider le Lichen à germer, lui permettant de vivre pendant un temps assez long et de développer mieux ses filaments chercheurs à la recherche des Algues qui devront constituer ses gonidies.

J'ajouterai que parfois, le développement des filaments se fait même sur les feuilles des Mousses et des Hépatiques, qu'ils revêtent souvent d'un réseau serré constituent en quelques cas un faux tissu déjà différencié ; mais le Lichen ne se développe réellement d'une façon définitive que lorsqu'il s'associe avec des Algues à la surface même de ces feuilles de Mousses. J'ai pu suivre de près ce premier développement chez le *Lecidea vernalis*, dont des spores avait germé à la surface d'une feuille de *Dicranella varia* qui se trouvait appliquée sur un rocher. Après que les premiers filaments se sont développés et ont formé un

(1) A ce propos, je ferai remarquer que l'on a imprimé par erreur *protoplasma* au lieu de *protonéma*, dans le compte rendu de cette séance, ce qui m'a valu de singulières remarques venant de quelques lichénographes.

réseau entraînant la feuille, leurs ramifications ont rencontré çà et là des Algues devenant des gonidies, et ont constitué l'association ordinaire du Lichen, greffé pour ainsi dire sur la Mousse.

J'ai observé de nombreux développements analogues sur les feuilles et les tiges des *Polytrichum*, *Dicranum*, *Mnium*, *Hypnum*, *Leskea*, *Jungermannia*, *Radula*, etc. Cela est très fréquent à la base des rochers ou sur le talus des chemins dans les bois sableux, ainsi que dans la zone subalpine des Alpes ou des Pyrénées. Partout où l'on voit les Mousses envahies par diverses espèces de Lichens, jusqu'à être complètement détruites par eux, l'on peut observer facilement des Lichens germant qui suivent une semblable évolution.

Explication de la planche 8.

Fig. 1. — *P*, *P*, *P*, ramifications brunes protonémiques provenant de la base d'une tige de *Dicranella varia* et entourées par des filaments *f* de *Cladonia pyxidata* qui sont rattachés par un faux tissu *ft* au thalle de ce Lichen. — Échantillon, à l'état naturel, recueilli à Fontainebleau. (Grossissement : 130 diamètres.)

Fig. 2. — Début d'une culture sur lamelle de verre d'un semis simultané de spores de Mousse (*Mnium hornum*) et de spores de Lichen (*Physcia parietina*); *S*, *S*, spores de *Mnium* germant; *p*,*p*, partie du protonéma qui deviendra aérienne; *p'*,*p'*, partie du protonéma qui deviendra souterraine; *s*,*s*, spores du *Physcia*; *f*,*f*, filaments du Lichen. (Grossissement : 230 diamètres.)

Fig. 3. — Culture pure sur écorce du protonéma de *Barbula muralis* et de spores germant de *Parmelia physodes*. Fragment de la culture montrant les ramifications (*p*, *p*) du protonéma de la Mousse, recouvertes d'un réseau formé par les filaments du Lichen (*f*). (Grossissement : 160 diamètres.)

Fig. 4. — Fragment d'une culture pure en cellule, sur lame de verre, du protonéma de *Mnium hornum* avec semis de spores de *Lecidea vernalis*. Les filaments provenant des spores du Lichen se mettent en contact avec les filaments du protonéma. En ces points de contact, il se forme des propagules du protonéma *pr*, *pr*, *pr*, qui s'isolent ensuite et peuvent germer débarrassées du Lichen. *P*, grosse branche du protonéma de la Mousse; *p*, ramification plus étroite de ce protonéma, *f*, *f*, *f*, filaments du Lichen; (Grossissement : 150 diamètres.)

INFLUENCE

DES

AGENTS EXTÉRIEURS

SUR

L'ORGANISATION POLAIRE ET DORSIVENTRALE DES PLANTES

Par M. L. KOLDERUP ROSENVINGE

(Suite.)

II. — Plantes dont la pousse primaire est dorsiventrale.

Dans les plantes que nous venons d'étudier, l'organisation dorsiventrale des rameaux latéraux est déterminée par les agents extérieurs. Dans les plantes qui suivent, au contraire, les causes extérieures n'ont aucune influence sur l'orientation dorsiventrale des rameaux latéraux, celle-ci est déterminée exclusivement par des causes internes ; en d'autres termes, les rameaux latéraux ont toujours une orientation constante par rapport à l'axe mère, indépendamment des causes extérieures.

Dans ces conditions, nos recherches seront dirigées vers l'axe primaire, et la première question est de savoir s'il devient lui-même dorsiventral ou non.

Dans le *Callisia delicatula*, de la famille des Commélynées, *tous les rameaux latéraux sont dorsiventraux*. Les feuilles sont alternes et obliques, le côté de la feuille qui se trouve du côté ventral de la pousse étant plus grand que le côté de la feuille

qui se trouve du côté dorsal. Les deux séries de feuilles sont repoussées vers la face inférieure du rameau, de sorte que leur divergence est à peu près de 115°. *La pousse primaire, au contraire, est toujours radiaire* et à tendance verticale, ses feuilles sont symétriques et spiralées avec une divergence de 2/5. Ces différences entre la pousse primaire et les pousses latérales ne sont pas causées par des torsions; on peut s'en convaincre en examinant des bourgeons qui présentent les mêmes différences dans la disposition des feuilles.

Nous trouvons le même dimorphisme des pousses dans le *Cyanotis cristata;* nous le trouvons encore chez diverses espèces de *Phyllanthus* et *Putranjiva*, mais dans ces dernières plantes tous les rameaux latéraux ne sont pas dorsiventraux, quelques-uns sont radiaires comme l'axe primaire.

On sait que plusieurs de nos arbres communs, sauvages ou cultivés, ont des rameaux dorsiventraux à feuilles alternes et obliques. Dans quelques-uns de ces arbres l'axe primaire est radiaire et a des feuilles spiralées, du moins pendant la première année; je l'ai constaté pour l'*Ostrya vulgaris* et le *Corylus Avellana*, mais n'ayant suivi le développement des plantules que pendant la première année, je ne sais pas si l'axe primaire reste continuellement radiaire ou s'il devient plus tard dorsiventral.

Chez d'autres plantes à rameaux dorsiventraux, cependant, l'axe primaire devient réellement dorsiventral. Nous en étudierons quelques exemples dans la suite.

1° Expériences faites sur le Fagus silvatica.

La dorsiventralité des rameaux du Hêtre se manifeste de la manière suivante : les feuilles sont disposées en deux séries qui sont un peu repoussées vers la face inférieure du rameau; les bourgeons ne se trouvent pas exactement au milieu de l'aisselle des feuilles, mais ils sont rapprochés un peu de la face supérieure du rameau; l'insertion des feuilles est un peu oblique, la stipule supérieure (du côté ventral de la pousse) est insérée plus

inférieurement que l'autre; les feuilles sont asymétriques à la base, la partie du limbe dirigée vers le côté ventral de la pousse descendant plus loin sur le pétiole; les nervures sont alternantes, l'inférieure part toujours du côté où le limbe descend le plus bas (fig. 16). Dans les bourgeons, la face supérieure est surtout facile à reconnaître, parce que la face supérieure de toutes les feuilles est tournée vers elle. Les bourgeons sont tellement orientés que leur face supérieure (ventrale) est tournée en même

Fig. 16. — *Fagus silvatica*. Fragment d'un rameau ordinaire.

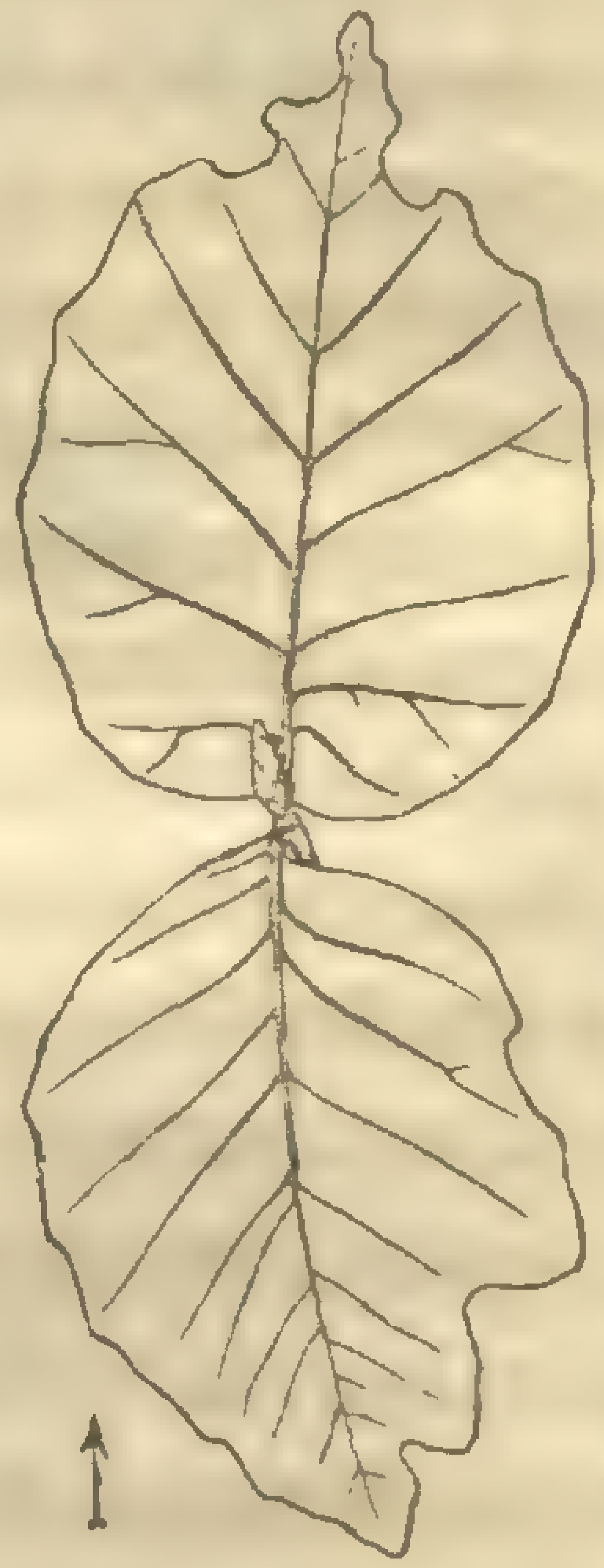


Fig. 17. — *Fagus silvatica*. Plantule vue par-dessus.

temps vers la face supérieure du rameau et vers le rameau même.

Dans les plantules, on trouve au-dessus des cotylédons une paire de feuilles opposées à peu près symétriques dont les nervures ne sont pas régulièrement alternes (fig. 17); il se produit assez souvent dans la première année encore une feuille qui est superposée à l'un des cotylédons. La partie de la pousse primaire qui est développée la première année est radiaire et à tendance verticale. Ordinairement, pourtant, la partie supérieure se courbe plus ou moins, de sorte que le bourgeon terminal prend une position oblique. En examinant ce bourgeon à l'automne, on

trouve la même organisation dorsiventrale que dans les bourgeons latéraux ordinaires; la face supérieure est celle qui est tournée vers le haut. Dans la deuxième année cette partie de l'axe primaire présente, à l'état développé, tous les caractères des rameaux dorsiventraux ordinaires.

La pousse primaire est donc à l'origine radiaire, mais elle devient dorsiventrale dans le courant de la première année.

Expériences. — Pour examiner si l'organisation dorsiventrale peut être déterminée par des causes extérieures, j'ai fait les expériences suivantes.

Les plantules étant l'objet des expériences ont été élevées dans des pots. Les feuilles de la partie dorsiventrale de la pousse primaire étant superposées aux cotylédons, les pots ont toujours été disposés de sorte que le plan médian de la paire de feuilles supracotylédonaire coïncidait avec la direction de la lumière et de la pesanteur (fig. 17).

Dans plusieurs des plantules, le bourgeon terminal se développait déjà dans la première année, dans les autres il formait comme d'ordinaire un bourgeon hibernal. Dans les deux cas il était facile d'y reconnaître l'orientation de l'organisation dorsiventrale à la fin de l'été.

7 plantules dont les deux premières feuilles (après les cotylédons) étaient en voie d'épanouissement furent disposées verticalement, de sorte que la lumière les atteignait seulement d'un côté. Dans toutes les plantes, la face tournée vers la lumière devenait la face « supérieure » (1). Les bourgeons étaient ou verticaux ou dirigés un peu vers la lumière. Il en résulte que c'est la lumière et non pas la pesanteur qui a déterminé l'organisation dorsiventrale.

Deux autres plantules dont les deux premières feuilles venaient de s'épanouir, furent placées horizontalement et éclairées par en haut. Dans les deux plantes la face tournée en haut devenait la face supérieure.

(1) Il se trouvait encore dans ces cultures une plantule dans laquelle la face tournée vers l'ombre devenait la face supérieure, mais cette plantule était ombragée par une plante plus haute dans le même pot, et elle ne peut donc entrer en considération.

Dans une plantule placée horizontalement et éclairée seulement par en bas à l'aide d'un miroir, la face tournée en bas, vers la lumière, devenait la face supérieure.

Dans toutes les expériences la face tournée vers la lumière est devenue une face supérieure, quelle que fût l'orientation de la plantule par rapport à la direction de la pesanteur.

Nous pouvons donc conclure que :

L'organisation dorsiventrale des plantules de Hêtre a été déterminée par la lumière.

Si la pesanteur peut produire un pareil effet — ce qui reste encore à décider — son influence est bien inférieure à celle de la lumière. Lorsqu'il y a une certaine différence dans l'éclairement deux faces d'une jeune plantule, l'orientation de la dorsi ventralité est toujours déterminée par la lumière.

D'ailleurs, il faut remarquer que si les influences extérieures sont éliminées, il est probable que l'organisation dorsiventrale peut s'établir sans le concours de facteurs extérieurs.

(A suivre.)

DÉVELOPPEMENT ET CONSTITUTION
DES ANTHÉROZOÏDES

Par M. Léon GUIGNARD

(*Suite*)

(Planche 6)

IV. — ALGUES (*suite*).

2. — Floridées.

Aux faits si magistralement établis par Thuret et par M. Bornet dans leurs nombreuses recherches sur les organes reproducteurs des Floridées, on ne saurait ajouter autre chose que quelques données complémentaires dues aux progrès de la technique microscopique. Je veux donc simplement préciser divers points concernant le développement et la structure de l'organe mâle.

Quelles que soient la forme et la disposition des anthéridies, qui peuvent offrir d'assez grandes variations dans des espèces et surtout dans des genres voisins, on admet qu'elles consistent toujours en une petite cellule incolore, dont le contenu est employé tout entier à former un seul pollinide.

Je mentionnerai rapidement quelques types, en prenant des exemples d'abord chez les espèces où les anthéridies sont extérieures au thalle, et ensuite chez celles où elles sont renfermées dans des conceptacles.

Dans cette étude, je me suis servi principalement des acides osmique et picrique et de l'iode, qui conviennent bien pour

fixer les matériaux frais. Je dois aussi à l'obligeance de M. Bornet d'avoir pu examiner des anthéridies fixées et conservées en bon état, et qu'on n'a pas toujours la chance de récolter facilement. Les colorations s'obtiennent sans peine avec les réactifs que j'ai eu l'occasion d'indiquer.

Chez les *Batrachospermum*, *Nemalion*, *Helminthora*, la formation et la disposition des anthéridies sont des plus simples et depuis longtemps connues : elles naissent par bourgeonnement plus ou moins répété aux extrémités des filaments périphériques du thalle, sur lesquelles elles se montrent ou disséminées ou groupées en petits bouquets. Quand l'anthéridie, qui se distingue extérieurement des cellules végétatives par sa forme plus arrondie et par une différence de grosseur, a atteint ses dimensions définitives, on voit se différencier, en dedans de la membrane cellulosique, une mince enveloppe hyaline entourant le contenu cellulaire ; puis l'anthéridie s'ouvre au sommet par gélification de sa membrane pour laisser sortir le pollinide.

Dans le *Batrachospermum*, le protoplasme de l'anthéridie renferme de petits granules réfringents, noircissant par l'acide osmique, qui n'existent pas dans le *Nemalion* et l'*Helminthora*. Ces granules sont de même nature que ceux qui accompagnent les chromatophores des cellules végétatives. M. Schmitz dit formellement que l'anthéridie des *Batrachospermum* est privée de chromatophores. On remarque pourtant, dans certains cas, qu'elle présente au début la coloration atténuée des cellules du thalle et qu'elle renferme quelques petits corps protoplasmiques différenciés dans la masse fondamentale. En tout cas, cette coloration et ces corps disparaissent rapidement, tandis que les granules réfringents, formés sans doute par de la matière grasse, persistent même dans le pollinide. Par contre chez les autres Floridées, je n'ai rien observé qui puisse faire croire à l'existence des chromatophores au début du développement.

Au moment où il est mis en liberté, le pollinide est déjà pourvu d'une enveloppe propre, formée à la suite de la rénovation du contenu cellulaire ; il n'est pas nu, au sens absolu du mot, mais son revêtement n'a pas les réactions de la cellulose. Il

possède un noyau dépourvu de nucléole, parfaitement caractérisé, un peu plus gros que celui des cellules du thalle, et que M. Sirodot n'a pas réussi à apercevoir chez les Batrachospermes (1).

Dans le *Chantransia corymbifera* Thur., dont les anthéridies, étudiées par M. Bornet (2), forment des bouquets sessiles à la base des ramifications du thalle, le pollinide a les mêmes caractères que celui de l'*Helminthora*, mais son noyau est plus gros.

Le *Callithamnion roseum* Harv. présentant, sur les articles successifs d'une même branche du thalle, des anthéridies un peu plus grosses que les précédentes et à tous les stades du développement, permet de voir facilement, dans chacune d'elles, une ou deux vacuoles (Planche 6, fig. 1, 2, 3). Le protoplasme se sépare ensuite de la membrane, les vacuoles disparaissent ; vers le sommet de l'anthéridie, la membrane, cutinisée à la surface, se gélifie et s'ouvre, en formant souvent un clapet qui se soulève pour laisser sortir le pollinide. Ce dernier, ovoïde au moment de sa mise en liberté, ne tarde pas à s'arrondir ; il est pourvu d'une enveloppe transparente à double contour (fig. 4,5).

Dans les *Griffithsia*, la forme et la disposition des anthéridies sont très diverses (3). Chez le *G. corallina* Ag., où elles naissent au sommet de certains articles du thalle sous forme de touffes sessiles, qui se réunissent en un bourrelet annulaire entourant la jointure des articles, on observe cette particularité qu'une nouvelle anthéridie peut se former à la place même occupée auparavant par une plus âgée qui a expulsé son pollinide, ce qui rappelle assez bien le mode de formation des sporanges chez plusieurs Saprolégniées.

La figure 6 montre un ramuscule anthéridifère, détaché d'une des touffes mentionnées ; les cellules végétatives, rétrécies à la base et en forme de massues, sont pourvues, à leurs points de contact, d'un crible très petit, dont l'existence est générale dans le thalle des Floridées. A la base de chaque anthéridie, le crible

(1) *Les Batrachospermes*, p. 177, 1884.
(2) *Notes algologiques*, p. 16.
(3) *Notes algologiques*, p. 72.

est reconnaissable au début, mais devient bientôt invisible ; les membranes des anthéridies, et surtout celles des cellules végétatives, sont toujours cutinisées. Ce caractère de la membrane permet de reconnaître plus facilement l'emboîtement des anthéridies (fig. 7).

Le *Polyides rotundus* Grev. offre un intérêt particulier. Les anthéridies forment le long des rameaux végétatifs des plaques blanchâtres, plus ou moins saillantes, composées de filaments incolores (1). Ceux-ci naissent du prolongement des cellules corticales, restent simples ou se ramifient, et se couvrent à leurs extrémités de nombreuses anthéridies globuleuses, serrées les unes contre les autres, affectant au premier coup d'œil une disposition assez irrégulière dont l'étude du développement peut seule indiquer la cause. Le sommet d'un de ces filaments couverts d'anthéridies est représenté dans la figure 10. Celles-ci naissent de la façon suivante sur chacune des cellules terminales du filament.

Un premier bourgeon apparaît pendant que l'article du thalle qui le porte et qui représente une cellule anthéridifère divise son noyau. Il en résulte une première cellule globuleuse, laquelle se divise à son tour (les deux cellules ainsi formées se voient sur la droite de la figure indiquée). La première est séparée de l'article du filament qui l'a produite par un crible ; un second crible existe entre elle et la seconde cellule. Sans la présence de ce dernier crible, il serait très difficile de reconnaître que les choses se passent ici autrement que dans le cas ordinaire. Puis, une nouvelle division, portant à la fois sur les deux cellules globuleuses, donne une tétrade d'anthéridies, plus ou moins régulièrement disposées aux sommets d'un tétraèdre. Tantôt quelques-unes des tétrades restent isolées, principalement celles qui sont les plus éloignées du sommet du filament anthéridifère (même figure, à gauche) ; tantôt elles s'accolent ou se soudent de façon à recouvrir entièrement les articles du filament qui les portent. Ce mode de formation rappelle ainsi celui des tétraspores et même des grains de pollen des Phanérogames.

(1) *Notes algologiques*, p. 76.

Les membranes cellulaires sont très épaisses et cutinisées. Chaque anthéridie possède un gros noyau occupant environ la moitié de sa cavité. A la sortie, le pollinide, autour duquel on distinguait déjà, dans l'anthéridie adulte, un revêtement hyalin bien distinct du protoplasme et de la membrane cellulaire, possède une enveloppe à double contour, qui s'épaissit bientôt et fixe assez énergiquement le brun d'aniline (fig. 11 et 12).

Un mode de groupement des plus singuliers présentés par les anthéridies chez les Floridées se rencontre dans le *Chondria tenuissima* Ag. Les caractères extérieurs en ont d'abord été indiqués par Thuret (1), puis M. Bornet a montré qu'elles résultent d'une transformation particulière des poils qui couvrent les rameaux de la plante (2). Je crois utile d'ajouter quelques détails et de figurer divers stades du développement d'un de ces poils métamorphosés.

Grâce à de nombreuses dichotomies, les branches du poil produisent d'abord un plateau, dont la bordure est formée par les cellules qui terminent les dernières ramifications, se soudent les unes aux autres et se renflent considérablement (fig. 13 à droite, et fig. 14).

Quand la charpente de l'organe est ainsi formée, les branches donnent naissance, également par dichotomie, aux cellules anthéridifères, qui se disposent sur deux plans parallèles, de chaque côté du plateau. Une de ces dichotomies répétées est représentée à droite de la figure 14, sur l'une des longues et étroites cellules de la charpente. Toutes les cloisons sont pourvues d'un crible.

Sur les deux faces du plateau, les cellules anthéridifères, globuleuses, bourgeonnent et produisent des anthéridies cylindriques accolées les unes aux autres. La figure 15 indique cette formation sur l'une des faces. Le noyau se porte du côté externe, où apparaît d'abord une protubérance; puis il se divise et l'une moitiés passe dans celle-ci, qui devient une anthéridie (fig. 16,

(1) *Anthéridies des Cryptogames*, p. 17.
(2) *Études phycologiques*, p. 90.

17, 18). Le même phénomène se répète plusieurs fois pour chaque cellule anthéridifère, qui forme ainsi successivement trois ou quatre anthéridies. Le noyau est toujours au voisinage de la paroi, là où naîtra une protubérance ; la formation des anthéridies est donc étroitement liée à la position du noyau. Toutefois, lorsque la cellule anthéridifère est épuisée, en quelque sorte, par leur production, il arrive parfois qu'une protubérance s'allonge en forme d'anthéridie, sans que le noyau se divise pour lui donner une de ses moitiés; elle reste dès lors stérile.

Serrées et plus ou moins intimement soudées entre elles, les anthéridies prennent une forme allongée, un peu renflée au sommet et rétrécie à la base (fig. 15, 19). Une coupe perpendiculaire au plateau ressemble à un hyménium de champignon couvert de basides. Les membranes sont cutinisées à leur surface, surtout au sommet des anthéridies.

Vers le milieu de la cellule ou un peu plus près du sommet, se trouve le noyau, très chromatique et privé de nucléole, comme c'est le cas général dans ces organes reproducteurs. Quelque temps après la naissance de l'anthéridie, on aperçoit encore, à sa base, le crible qui sépare son contenu de celui de la cellule anthéridifère, mais il disparaît bientôt. En dedans de l'épaisse membrane de l'anthéridie et appliquée sur le protoplasme, on distingue une seconde membrane, mince, à double contour ; elle apparaît assez longtemps avant la sortie du pollinide, auquel elle appartient. Pour la mise en liberté de ce dernier, les couches non cutinisées de la membrane de l'anthéridie se gonflent et la cuticule se rompt. Il m'a semblé que le pollinide emporte souvent avec lui les couches internes de la membrane précédente, qui se gélifient pourtant bientôt, ne laissant au corps reproducteur que son enveloppe propre (fig. 20, 21).

Le pollinide libre conserve toujours sa forme allongée, ainsi que le faible renflement correspondant au noyau, situé ordinairement vers le milieu de sa longueur. Avec celui du *Polyides*, c'est, je crois, le plus gros qu'on puisse rencontrer chez les Floridées.

Les pollinides les plus curieux sont ceux qui naissent dans des conceptacles chez les Mélobésiées et les Corallinées.

Le *Melobesia Thureti*, décrit par M. Bornet (1), est parasite sur divers *Jania* et sur le *Corallina squamata*. Il hérisse les bifurcations supérieures des *Jania* de tubercules hémisphériques, qui ne sont que des conceptacles enfoncés à la base dans le tissu cortical de ces plantes, et produisant soit des tétraspores, soit des cystocarpes, soit des anthéridies. La cavité du conceptacle mâle « est tapissée, dit M. Bornet, de filaments très fins, convergeant vers l'ostiole, qui engendrent d'innombrables corpuscules très petits, globuleux, pourvus d'une ou de deux oreillettes, de tout point semblables à ceux que M. Rosanoff a figurés et que nous avons vus nous-même dans le *Melobesia membranacea* Lamx ».

M. Rosanoff (2) avait décrit, en effet, les pollinides de la façon suivante : « Chacun des anthérozoïdes présente une petite sphère nue, transparente, qui porte aux deux extrémités d'un de ses diamètres de petites oreillettes. Celles-ci sont disposées le plus souvent suivant une ligne droite passant par le centre de la sphère. Mais on observe aussi des globules dont les deux oreillettes, tout en étant situées sur les côtés opposés de la sphère, sont inclinés l'un par rapport à l'autre et forment un angle plus ou moins obtus... A cause de leur petitesse, je ne suis pas parvenu à déterminer exactement leur mode de développement ni leur nombre dans les anthéridies. »

Dans des observations relativement récentes, M. de Solms-Laubach (3) pense que, dans les *Melobesia*, les « spermaties », disposées en séries qui convergent vers l'ostiole du conceptacle, se forment par étranglement. Les oreillettes ne seraient que le reste gonflé des cloisons situées entre chacun des articles d'une série. Toutefois, il n'ose affirmer qu'il en soit réellement ainsi : peut-être s'agit-il d'un mode de formation semblable à celui des spores en chapelet de divers *Æcidium*, et en particulier de l'*Æcidium abietinum*, chez lequel, d'après de Bary (4), les cellules mères des spores, superposées en file, se divisent chacune en

(1) *Études phycologiques*, p. 97.
(2) S. Rosanoff : *Recherches anatomiques sur les Mélobésiées* (Mém. de la Soc. des sc. nat. de Cherbourg, t. XII, 1866).
(3) Graf zu Solms-Laubach, *Die Corallinenalgen des Golfes von Neapel*, 1881.
(4) *Bot. Zeit.*, p. 803, 1879.

deux cellules inégales, dont la plus grosse devient la spore, tandis que la plus petite s'atrophie et lui forme une sorte de queue.

Remarquons d'abord que certaines Floridées ont leurs anthéridies disposées en file. Ainsi dans le *Pterocladia capillacea*, décrit et figuré par M. Bornet (1), les cellules anthéridifères portent chacune deux anthéridies superposées. Ailleurs, le nombre de ces dernières est plus élevé, par exemple, dans l'*Hypnea musciformis* Lamx (2), où on en trouve ordinairement quatre formées par bipartition et superposées comme les spores en chapelet de divers champignons (3). Entre cette disposition sériée et celle en tétrades que j'ai signalée dans le *Polyides*, il n'y a qu'une différence de groupement, car les anthéridies se forment, dans l'une comme dans l'autre, par bipartition plus ou moins répétée.

Dans le *Melobesia membranacea*, le fond du conceptacle est occupé par des rangées cellulaires verticales dont l'ensemble constitue une sorte de plateau. Chacune de ces rangées, formée de quelques cellules seulement, se termine en dichotomie par deux cellules plus petites que les autres, portant les files d'anthéridies (fig. 22) qui naissent par des bipartitions successives.

Pour former le pollinide, la majeure partie du protoplasme, dans chaque anthéridie, se condense autour du noyau et s'entoure d'une membrane hyaline; le reste offre l'aspect d'une substance finement granuleuse et plus réfringente que le protoplasme du pollinide. Pendant ce temps, les cloisons de séparation des anthéridies se gélifient, les pollinides s'écartent les uns des autres. La substance finement granuleuse forme entre eux une sorte d'isthme, recouvert par les parois gélifiées des anthéridies, et dont l'étirement amène bientôt la rupture (fig. 22, à droite). Elle paraît, en outre, se continuer d'un pollinide à l'autre, à travers la membrane transversale des anthéridies, ce

(1) *Notes algologiques*, p. 57.

(2) D'après une figure inédite que m'a communiquée M. Bornet et l'examen des matériaux qu'il a bien voulu me donner.

(3) Dans le *Peyssonnelia squamaria* Dcne, elles sont bien plus nombreuses encore. La figure donnée par Thuret en montre de seize à vingt (*Ann. des sc. nat.*, Bot., 4e série, t. III, pl. 4).

qui provient, selon toute apparence, de l'existence d'un crible au centre de cette membrane.

Après la rupture de l'isthme, chaque pollinide emporte donc avec lui un reste de sa cellule mère. Celui qui provient de l'anthéridie qui termine une file cellulaire n'a forcément qu'un appendice ou « oreillette » ; par contre, les autres en ont toujours deux (fig. 23). Assez effilés aussitôt après la mise en liberté du pollinide, les appendices se raccourcissent un peu, tout en restant coniques. Quant à la remarque de M. Rosanoff, qu'ils sont parfois inclinés l'un par rapport à l'autre chez plusieurs pollinides, elle trouve son explication dans ce fait, que les anthéridies, très serrées les unes contre les autres dans le conceptacle, ne sont pas toujours, surtout au moment de la maturité, superposées en files parfaitement rectilignes.

Chez les Corallines, la formation de l'organe mâle ressemble à certains égards à celle des *Melobesia;* elle demande encore quelques éclaircissements. Voici d'abord les faits que j'ai observés sur le *Corallina officinalis* L., et qui, après les données fournies surtout par Thuret et par M. Bornet, ne peuvent avoir d'autre intérêt que celui d'élucider certains points restés douteux.

Au fond et sur les côtés du conceptacle mâle, dont la paroi est très épaisse, se trouve un tissu formé de petites cellules serrées, à contenu très dense, qui sont les cellules anthéridifères, nées par dichotomie et disposées comme chez les *Melobesia* (fig. 24, 25). Chacune d'elles produit un bouquet de bâtonnets qui se renflent en massue, rappelant jusqu'à un certain point des stérigmates de champignon sur leur baside : ce sont les anthéridies, dont la longueur varie suivant l'âge, et dans lesquelles le noyau occupe toujours le sommet (fig. 25). Continuant à s'allonger dans l'ordre où elles ont pris naissance, elles deviennent bientôt de longs filaments à l'extrémité desquels on retrouve le noyau. Le protoplasme se continue dans toute la longueur du filament, avec ou sans vacuole; une membrane mince recouvre le contenu de cette curieuse anthéridie.

Plus tard, le sommet renflé se sépare de la partie effilée, par suite de l'apparition d'une enveloppe continue autour du proto-

plasme qui la remplit ; il se forme ainsi une cellule ovoïde, dans laquelle le noyau vient occuper le centre : c'est le pollinide (fig. 25 à droite). En même temps, la paroi de l'anthéridie, dont les couches externes paraissent être en voie de gélification même avant la formation du pollinide, se résolvent entièrement en gelée sur toute la longueur de l'organe. Mais le filet protoplasmique du tube effilé ne disparaît ni ne se détache de l'enveloppe du pollinide, qui l'emporte avec lui ; de sorte que, dans la gelée qui remplit le conceptacle et qui provient, tout au moins en grande partie, de la gélification des membranes des anthéridies, on trouve toujours, à un moment donné, un grand nombre de pollinides munis d'une longue queue, qui n'est autre chose que le reste du protoplasme de la cellule mère (fig. 26). Il y a donc, à cet égard, analogie avec ce qui se passe chez le *Melobesia*, la différence portant principalement sur la longueur de l'appendice caudal et sur la formation isolée de chacun des pollinides dans la Coralline.

La description donnée pour le *Corallina mediterranea* dans les « Études phycologiques » (1) rendait parfaitement compte du fait essentiel : « Le protoplasme granuleux contenu dans le filament de l'anthéridie se rassemble au sommet, qui devient un peu renflé. Puis la membrane du filament se dissout et disparaît entièrement, mettant ainsi en liberté les corpuscules dont la longue queue représente le reste de la matière non utilisée qui remplissait le tube du filament. Ce long appendice du corpuscule mâle des anthéridies n'est point un appareil moteur. »

Mais, dans des observations plus récentes, M. de Solms-Laubach (2), qui a reconnu à la surface du pollinide l'existence de la membrane qui n'avait pas été remarquée, croit que la queue reste pourvue de sa membrane, avec laquelle elle se détacherait de la cellule anthéridifère.

Sur ce dernier point, je partage, au contraire, la première opinion. Avant l'apparition de l'enveloppe autour du sommet renflé du filament anthéridien, ce dernier est bien, en effet,

(1) Page 93.
(2) *Loc. cit.*, p. 95.

recouvert par une membrane à double contour; mais dès que le pollinide est formé et pourvu de son enveloppe propre, la membrane du filament se gélifie, et le filet protoplasmique qui forme la queue du pollinide ne l'entraîne pas avec lui.

Autant qu'on peut en juger par les espèces qui ont été examinées, l'existence de pollinides munis d'appendices analogues à ceux dont il vient d'être question, est générale chez les Mélobésiées et les Corallinées, mais nulle part l'appendice n'est aussi développé que dans la Coralline.

Comme conclusions générales, la comparaison des divers groupes de Floridées montre que, tantôt l'anthéridie naît directement d'une cellule du thalle devenue cellule anthéridifère, tantôt elle résulte de la bipartition plus ou moins répétée du premier produit de bourgeonnement de la cellule anthéridifère. Dans le premier cas, de beaucoup le plus fréquent, les anthéridies naissent successivement et sont originellement distinctes les unes des autres, quel que soit plus tard leur degré d'adhérence ou de soudure ; dans le second cas, elles peuvent être unies en tétrades (*Polyides*), ou superposées en files par deux (*Pterocladia*), quatre (*Hypnea*) ou un plus grand nombre (divers *Melobesia*).

La formation de plusieurs anthéridies distinctes sur une même cellule anthéridifère pourrait rappeler au premier abord celle des spores des Hyménomycètes, chez lesquels les stérigmates qui portent les spores se forment par bourgeonnement au sommet des basides. Mais, ici, les stérigmates se développent à peu près simultanément et se renflent même en spores à leur extrémité, alors que les noyaux qui leur sont destinés n'ont pas encore quitté la baside (1). Chez les Floridées, au contraire, les anthéridies naissent successivement, et la formation de chacune d'elles est liée directement à la bipartition nucléaire.

Ordinairement, le contenu de l'anthéridie est employé tout entier dans la formation du pollinide; parfois cependant, il n'en est pas ainsi (*Melobesia*, *Corallina*, etc.). Toujours pourvu

(1) K. Rosenvinge : *Sur les noyaux des Hyménomycètes* (Ann. des sc. nat., 7e série, Bot., t. III, 1886).

d'un noyau très chromatique et sans nucléole, mais dépourvu de chromatophores, le pollinide s'entoure, avant de sortir de l'anthéridie, d'une membrane propre, qui n'affecte pas, il est vrai, à l'origine, les réactions de la cellulose, mais qui ne permet pas de le considérer, à proprement parler, comme une cellule nue.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 2.

Characées. — *Chara fragilis*. (Gross. 1500.)

Fig. 1. — Extrémité d'un filament anthéridien, peu de temps avant la formation des anthérozoïdes; les noyaux ont une face déprimée et sont plus rapprochés de l'une des cloisons transversales.

Fig. 2. — Contenu d'une cellule vu par l'une des faces planes; le noyau s'est rapproché de la surface.

Fig. 3. — Différenciation, sur le côté externe du noyau, d'une bande d'épaississement homogène, qui marque le début de la formation du corps de l'anthérozoïde. De ce même côté, le protoplasme forme une mince couche hyaline.

Fig. 4. — La bande d'épaississement fait, à droite du noyau, une légère saillie qui représente l'extrémité antérieure du corps, de laquelle partent les deux cils, qui se différencient aussitôt sur toute la périphérie du protoplasme et dans toute leur longueur.

Fig. 5. — État un peu plus avancé, montrant les deux cils un peu écartés du corps, sans qu'on puisse encore les apercevoir sur toute leur longueur.

Fig. 6. — Cellule mère vue du côté de la bande d'épaississement; l'extrémité antérieure du corps de l'anthérozoïde est à droite, en avant du noyau; on aperçoit les cils à la surface du noyau et du protoplasme.

Fig. 7. — A droite, extrémité antérieure du corps portant les cils écartés et déployés artificiellement; à gauche, extrémité postérieure du corps; entre les deux parties qui s'accroissent à l'opposé l'une de l'autre, le noyau a déjà diminué de grosseur.

Fig. 8. — Stade un peu plus avancé.

Fig. 9. — Le corps forme un tour complet; en projection sur un plan, l'extrémité céphalique est située en dehors de l'extrémité caudale.

Fig. 10. — Cellule mère vue par le côté, à peu près au même stade que celui de la figure précédente.

Fig. 11 et 12. — Cellules mères vues de même par le côté, mais obliquement, pour montrer la position de la bande qui s'allonge pour former le corps spiralé. Dans chacune d'elles, à droite et à gauche, on voit les sections des cils.

Fig. 13. — Coupe optique médiane de deux cellules passant par l'axe du filament anthéridien, et par le centre de la masse nucléaire.

Fig. 14. — Vue du corps de l'anthérozoïde au premier plan et du reste de la masse nucléaire située à droite.

Fig. 15. — Étirement de la masse nucléaire entre les deux parties opposées du corps; diminution notable du protoplasme nutritif.

Fig. 16 à 18. — Elles représentent l'allongement progressif du corps et

la diminution du protoplasme dont les granulations s'accolent surtout à l'extrémité postérieure de l'anthérozoïde.

Fig. 19. — Anthérozoïdes formant un peu plus de deux tours de spire.

Fig. 20. — Projection sur un plan d'un anthérozoïde au même stade.

Fig. 21. — Anthérozoïde dont on a écarté l'extrémité postérieure pour montrer l'adhérence des granulations protoplasmiques qui la couvrent du côté interne.

Fig. 22. — Il ne reste plus qu'une très petite quantité de protoplasme dans le dernier tour de spire, dont on l'a même partiellement détaché. L'extrémité postérieure du corps est moins chromatique et moins homogène que le reste du corps.

Fig. 23. — Deux cellules mères au sommet d'un filament anthéridien avec leurs anthérozoïdes presque adultes.

Fig. 24. — Anthérozoïde libre, tué pendant sa rotation. L'extrémité postérieure, moins homogène que le reste du corps, porte encore des granulations protoplasmiques. Les cils ont sensiblement la longueur du corps.

Planche 3.

HÉPATIQUES ET MOUSSES. (Gross. 1400.)

Nota. — Dans cette planche, le graveur a représenté, à mon insu, et sous prétexte de donner plus de relief aux figures, soit dans le corps même de l'anthérozoïde, soit à sa surface, aux stades moyens du développement, des granulations qui sont trop marquées, s'il s'agit du corps (fig. 6 à 13, 39, 40), ou qui n'existent pas si on les suppose en dehors de lui, à sa face dorsale (fig. 12); car ainsi qu'on l'a fait remarquer dans le texte, d'une part les granulations chromatiques nucléaires diminuent de grosseur et deviennent de moins en moins visibles dans le corps de l'anthérozoïde au fur et à mesure qu'il se développe, d'autre part la surface externe du corps n'est recouverte que par les cils, jamais par des granulations protoplasmiques.

Fig. 1 à 21. — *Pellia epiphylla.*

Fig. 1. — Cellule mère isolée vue par une de ses deux larges faces, quelque temps avant la formation de l'anthérozoïde.

Fig. 2. — Deux cellules mères unies, comme chez d'autres Hépatiques, par leurs faces planes.

Fig. 3. — Le noyau s'est rapproché de la surface du protoplasme.

Fig. 4. — Le noyau devient ovoïde et s'allonge dans la direction du corps de l'anthérozoïde qui va commencer à se former.

Fig. 5. — Différenciation de l'extrémité antérieure du corps, à gauche de la figure; la couche protoplasmique hyaline, qui formera les cils, part de cette extrémité et est déjà délimitée à la surface du protoplasme nutritif.

Fig. 6. — Extrémité antérieure du corps à droite, vu un peu obliquement.

Fig. 7. — Allongement plus marqué du noyau: l'extrémité antérieure du corps est à droite. Les cils sont formés avec leur longueur définitive, bien qu'on ne puisse les voir de profil.

Fig. 8. — Cils détachés partiellement de la surface du corps et insérés sur l'extrémité antérieure à gauche; le corps est vu par sa face ventrale.

Fig. 9 à 11. — Accroissement progressif du corps, accompagné de la diminution du protoplasme nutritif.

Fig. 12. — Anthérozoïde vu par sa face dorsale, avec les cils un peu écartés.

Fig. 13. — Le même, formant un premier tour de spire.

Fig. 14. — Les deux cils se distinguent l'un de l'autre, sans artifice de préparation.

Fig. 15. — État plus avancé; les cils, écartés artificiellement, suivent le contour de la spirale, dans la direction de laquelle ils ont pris naissance depuis longtemps. Le reste du protoplasme est compris dans le dernier tour de spire; ses granulations sont surtout accolées à la face interne de l'extrémité postérieure du corps.

Fig. 16. — Même stade, avec les cils complètement séparés de la surface du corps.

Fig. 17. — Anthérozoïde dans sa cellule mère, avant qu'il ait atteint sa longueur définitive.

Fig. 18 et 19. — Anthérozoïdes ayant leur longueur définitive, dégagés artificiellement de leurs cellules mères, peu de temps avant le moment de leur mise en liberté.

Fig. 20. — Anthérozoïde sorti de lui-même et fixé au début de sa rotation; sa longueur dépasse un peu la moyenne; il possède encore un reste du protoplasme de la cellule mère sous forme de vésicule.

Fig. 21. — Anthérozoïde adulte, fixé après quelques minutes de rotation.

Fig. 22 à 34. — *Anthoceros lævis.*

Fig. 22. — Deux cellules mères de l'anthéridie, au moment où elles vont former leurs anthérozoïdes. Elles ont la forme de prismes rectangulaires; on les voit par l'une des faces latérales étroites. Le contenu s'est déjà séparé de la membrane.

Fig. 23. — Une cellule vue par une des larges faces; le noyau s'est porté sur le côté.

Fig. 24. — Contenu cellulaire, se montrant lenticulaire quand on le regarde par une des petites faces de sa cellule mère.

Fig. 25. — Le même, observé par une des larges faces, à un stade ultérieur; l'extrémité antérieure du corps est nettement différenciée, il en est de même des cils.

Fig. 26 et 27. — On aperçoit les sections des cils à la surface du protoplasme.

Fig. 28 à 30. — Développement progressif du corps de l'anthérozoïde.

Fig. 31. — Aspect de ce dernier quand on l'observe dans un plan perpendiculaire à celui de la fig. 30, et au même stade.

Fig. 32. — Anthérozoïde adulte, formant un tour et demi de spire; il reste une petite quantité de protoplasme non employé.

Fig. 33. — Coupe optique médiane du même dans un plan passant par l'axe de la spirale.

Fig. 34. — Aspect des anthérozoïdes adultes dans leurs cellules mères, avant leur mise en liberté.

Fig. 35 à 44. — *Frullania dilatata.*

Fig. 35 et 36. — Cellules mères avec leur contenu, au moment où le noyau va s'allonger pour former le corps de l'anthérozoïde; elles sont représentées dans deux plans perpendiculaires.

Fig. 37 à 44. — Stades successifs du développement. Dans la figure 44, l'allongement du corps n'est pas encore achevé.

Fig. 45 à 63. — *Sphagnum fimbriatum.*

Fig. 45. — Cellule mère vue par une de ses larges faces, avec le noyau déjà voisin de la périphérie du protoplasme.

Fig. 46 à 51. — Stades successifs du développement. A la face interne de la partie postérieure du corps de l'anthérozoïde est accolé un granule amylacé réniforme.

Fig. 52 à 54. — Cils étalés avant le développement complet du corps. Comme dans les figures précédentes, ils s'insèrent tout à fait à l'extrémité antérieure, qui fait l'effet d'un tout petit bouton brillant.

Fig. 55 et 56. — Cils détachés à partir de l'extrémité postérieure du corps.

Fig. 57. — Anthérozoïde adulte dans sa cellule mère.

Fig. 58. — Anthérozoïde adulte, seul, vu dans un autre plan.

Fig. 59 à 61. — Aspects divers de l'anthérozoïde au moment où il vient de quitter sa cellule mère. La longueur du corps est égale à deux tours de spire; le premier est beaucoup plus large que le second.

Fig. 62. — Anthérozoïde tué par l'iode pour montrer la longueur relative du corps et des cils.

Fig. 63. — Anthérozoïde fixé par l'acide osmique pendant son mouvement et après la chute de la vésicule et du granule amylacé.

Planche 4.

Fougères. (Gross. 1400.)

Nota. — Les remarques présentées avant l'explication des figures de la planche 3, au sujet des inexactitudes de la gravure, doivent être renouvelées ici, principalement pour les figures 4, 12, 13, 15, 17, où l'on pourrait croire qu'il existe, à la face externe du corps de l'anthérozoïde, des granulations protoplasmiques, qui sont d'autre part beaucoup trop grosses si on les suppose dans le corps lui-même.

Fig. 1 à 33. — *Angiopteris evecta.*

Fig. 1. — Cellule mère adulte d'une anthéridie, avec un très gros noyau pourvu d'une riche charpente chromatique et de deux nucléoles inégaux.

Fig. 2. — Contenu d'une cellule mère après que le noyau s'est déjà rapproché de la surface du protoplasme en prenant une forme ovoïde.

Fig. 3. — Le noyau, devenu réniforme, a formé à gauche l'extrémité antérieure du corps de l'anthérozoïde. De cette extrémité part la couche protoplasmique hyaline qui se différencie sur toute la surface externe du noyau et du protoplasme nutritif pour former les cils.

Fig. 4. — Anthérozoïde vu obliquement, montrant déjà la torsion du corps; les cils partent de l'extrémité antérieure. A gauche, sous la couche hyaline qui sert à former les cils, on aperçoit le protoplasme nutritif, granuleux.

Fig. 5. — Anthérozoïde dont les cils ont été brisés vers le milieu de la face dorsale ou externe, pour montrer qu'ils sont déjà formés de très bonne heure.

Fig. 6 à 9. — Stades plus avancés. Les cils forment une lame assez épaisse à la surface du corps. Dans la figure 8, l'anthérozoïde se présente par la face interne, sous forme d'une bande très épaisse. De nombreuses granulations protoplasmiques sont accolées à la face interne de l'extrémité antérieure du corps formant crochet.

Fig. 10. — État très jeune, à peu près semblable à celui de la figure 4; on voit le noyau par la face dorsale de la partie postérieure. La couche formée par les cils est surtout épaisse sur le noyau; elle est continue sur toute la surface du protoplasme granuleux, comme on le voit à droite de la figure.

Fig. 11 et 12. — Stades un peu plus avancés que le précédent. Même disposition des figures; couche hyaline formatrice des cils également continue sur le protoplasme granuleux.

Fig. 13. — Elle montre à gauche le protoplasme granuleux recouvert par la couche ciliaire.

Fig. 14 et 15. — Anthérozoïdes relativement petits, par comparaison avec leur grosseur ordinaire. Le premier présente en avant sa face interne recouverte par le protoplasme nutritif, le second sa face externe.

Fig. 16. — Même stade. L'anthérozoïde est vu obliquement; le protoplasme granuleux, qui paraît recouvrir la face externe, est en réalité sur le côté du corps seulement et au premier plan.

Fig. 17 à 19. — Stades plus avancés. Dans la figure 18, au premier plan se trouve l'extrémité antérieure du corps tapissée de granulations protoplasmiques à sa face interne; le corps se présente par la face externe, tandis que dans la figure 19, c'est par la face interne (ce que les deux figures n'indiquent pas assez nettement).

Fig. 20. — Anthérozoïde vu de côté; l'extrémité antérieure cache la postérieure; les grosses granulations du protoplasme, presque toutes accolées au corps, sont formées en grande partie par de l'amidon.

Fig. 21. — Anthérozoïde presque adulte dans sa cellule mère; granulations amylacées sur la face interne du corps.

Fig. 22 à 25. — Anthérozoïdes vus par la face externe du corps ; dans les trois dernières figures, l'extrémité antérieure est à droite.

Fig. 26. — Anthérozoïde adulte commençant à s'agiter dans la cellule mère.

Fig. 27. — Anthérozoïde déroulé afin de montrer la longueur des cils comparée à celle du corps à l'état adulte ; l'extrémité antérieure est en bas.

Fig. 28. — Anthérozoïde entrant en mouvement aussitôt après la dissolution de la paroi de la cellule mère.

Fig. 29. — Les cils s'isolent de plus en plus les uns des autres ; ils ne se sont pas encore détachés de la vésicule postérieure.

Fig. 30. — Séparation et déploiement des cils, dont une partie recouvre encore le corps et même la vésicule postérieure sur lesquels ils sont appliqués. Granules amylacés accolés à la face interne de la partie postérieure du corps.

Fig. 31. — Anthérozoïde fixé en mouvement après le déploiement complet des cils.

Fig. 32. — Les cils rejetés, accidentellement, en avant, sous forme de gerbe, se montrent insérés seulement sur le demi-tour de spire antérieur.

Fig. 33. — Anthérozoïde fixé par l'acide osmique pendant sa rotation la plus active. Les cils occupent la position que leur a imprimée le mouvement de rotation. Les granulations amylacées détachées du corps flottent dans la vésicule.

Planche 5.

FUCACÉES. — *Fucus serratus*. (Gross. 400 pour la figure 1, et 950 pour les autres figures.)

Fig. 1. — Poil rameux chargé d'anthéridies à divers états de développement. Deux anthéridies n'ont laissé que leur sac externe.

Fig. 2. — Une anthéridie très jeune, avant la division de son noyau très volumineux par rapport à celui de la cellule sous-jacente. Corps protoplasmiques ou chromatophores incolores dans l'anthéridie.

Fig. 3. — A gauche, plaque nucléaire et fuseau achromatique dans une jeune anthéridie : à droite, anthéridie renfermant quatre noyaux encore reliés entre eux par des travées protoplasmiques. Les chromatophores sont déjà plus nombreux, mais encore incolores.

Fig. 4. — Anthéridie après la troisième bipartition des noyaux.

Fig. 5. — Moitié inférieure d'une anthéridie où les huit noyaux étaient tous au même stade de la karyokinèse ; les chromatophores sont encore incolores.

Fig. 6. — Moitié inférieure d'une anthéridie comprenant seize noyaux ; plusieurs granules devenus assez gros sont colorés en orangé à ce stade.

Fig. 7. — Moitié inférieure d'une anthéridie avec un seul plan de noyaux. Lignes granuleuses apparaissant entre eux dans le protoplasme renfermant chromatophores incolores et granules colorés.

Fig. 8. — Apparition du point rouge au contact de chaque noyau.

Fig. 9. — Partie supérieure d'une anthéridie au stade où les anthérozoïdes forment leurs cils.

Fig. 10. — Un anthérozoïde isolé, vu par le côté, au moment où les cils apparaissent sous forme de lignes granuleuses autour du corps.

Fig. 11 à 15. — Cils plus ou moins écartés du corps et montrant bien leur longueur relative.

Fig. 16 à 20. — Anthérozoïdes fixés en plein mouvement présentant leur

noyau au contact du point rouge, ou un peu écarté (fig. 20), l'insertion plus longue du cil antérieur épaissi à la base, la continuité des deux cils sur le point rouge (fig. 18, 20), les inflexions du corps pendant le mouvement.

Planche 6.

FLORIDÉES. — Fig. 1 à 5. — *Callithamnion roseum* Harv. (Gross. 400 pour la figure 1, 950 pour les autres figures.)

Fig. 1. — Rameau chargé de bouquets anthéridifères à différents états de développement; celui du bas, le plus développé, est cependant loin d'avoir sa grosseur définitive.

Fig. 2. — Partie d'un bouquet portant des anthéridies adultes ou déjà vides.

Fig. 3. — Deux des anthéridies représentées gélifient leur paroi vers la partie supérieure.

Fig. 4. — Pollinide ovoïde, au moment de sa sortie. Gross. 950.

Fig. 5. — Pollinide avec son aspect définitif. Comme le précédent, il possède une enveloppe hyaline.

Fig. 6 à 9. — *Griffithsia corallina* Ag. (Gross. 950.)

Fig. 6. — Ramuscule anthéridifère, montrant ses cellules en massue chargées d'anthéridies à divers états de développemont.

Fig. 7. — Ramuscule avec anthéridies emboîtées.

Fig. 8 et 9. — Pollinides au moment de la mise en liberté et un peu plus tard; ils ont une enveloppe à double contour.

Fig. 10 à 12. — *Polyides rotundus* Grev. (Gross. 950.)

Fig. 10. — Extrémité d'un filament portant des anthéridies en tétrades.

Fig. 11 et 12. — Pollinides avec leur enveloppe à double contour.

Fig. 13 à 21. — *Chondria tenuissima* Ag. (Gross. 100 pour la figure 13, 250 pour la figure 14, 950 pour les autres figures.)

Fig. 13. — Plateau discoïde, montrant dans la moitié droite les ramifications dichotomes du poil qui forme la charpente ou squelette de l'organe anthéridifère. Les cellules anthéridifères ne sont pas représentées sur cette moitié; elles le sont sur la moitié gauche, où elles recouvrent les dichotomies du squelette.

Fig. 14. — Terminaison des dernières dichotomies au bord du plateau; sur la droite, on a figuré un groupe également dichotome de cellules anthéridifères nées sur le squelette.

Fig. 15. — Coupe perpendiculaire du plateau montrant, en bas, les longues cellules du squelette; sur celles-ci, les cellules anthéridifères globuleuses, communiquant entre elles et avec les premières par des isthmes pourvus d'un crible; en haut, les anthéridies presque toutes adultes.

Fig. 16. — Cellule anthéridifère ayant déjà formé une première anthéridie et commençant à en donner une seconde.

Fig. 17. — État un peu plus avancé.

Fig. 18. — Cellule anthéridifère portant à gauche une anthéridie qui s'ouvre après rupture de la cuticule.

Fig. 19. — État plus avancé que dans la figure 15.

Fig. 20 et 21. — Pollinides offrant, le premier, une double enveloppe au moment de la sortie ; le second, l'aspect définitif.

Fig. 22 et 23. — *Melobesia membranacea* Lamx. (Gross. 950.)

Fig. 22. — Cellules du plateau occupant le fond d'un conceptable mâle. Elles produisent des anthéridies en séries. Sur la droite, les pollinides, pourvus de leur membrane propre, se séparent avec étirement de la partie restante du protoplasme et de la paroi des anthéridies.

Fig. 23. — Pollinides libres; celui qui provient d'une anthéridie terminale n'a qu'un appendice; les autres en ont chacun deux opposés l'un à l'autre.

Fig. 24 à 26. — *Corallina officinalis* L. (Gross. 370 pour la figure 24, 950 pour les autres figures.)

Fig. 24. — Portions d'une coupe d'un conceptacle mâle, montrant vers le haut les cellules anthéridifères chargées d'anthéridies allongées en massues, parmi lesquelles on remarque souvent des paraphyses.

Fig. 25. — Deux cellules anthéridifères portant des anthéridies à divers états de développement. A droite, on voit un pollinide qui vient de s'entourer de sa membrane propre ; la queue, formée par le reste du protoplasme non employé, est encore revêtue par la paroi de l'anthéridie en voie de gélification complète. Cette paroi est bien visible sur les anthéridies les plus longues, moins avancées dans leur développement.

Fig. 26. — Pollinides avec leur enveloppe et leur queue protoplasmique dépourvue de membrane, tels qu'on les observe, dans la gelée du conceptacle, à l'état adulte.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

(Suite.)

3e *période.* — Nous avons vu qu'après 66 jours de végétation, (du 13 mars au 18 mai) au moment où les fleurs vont apparaître, les racines pèsent en moyenne, pour 1 gramme de graine, 0gr,670.

Parmi ce lot de plantes, une d'elles, un peu plus avancée en développement, laisse déjà apercevoir ses fleurs. Or les racines de cette plante ne pèsent, pour 1 gramme de graine, que 0gr,459.

Six jours plus tard, les fleurs s'épanouissent chez toutes les plantes. Le poids moyen des racines est devenu 0gr,411.

Enfin, six autres jours après, les fleurs se fanent et les fruits commencent à se former. Le poids moyen des racines est de 0gr,830.

Dans une autre expérience, faite le 28 juin, nous avons comparé deux Lupins qui ont poussé 68 jours.

Les fleurs de l'un, bien visibles, sont au commencement de leur développement ; le poids des racines est égal, pour 1 gramme de graine, à 0gr,438.

Les fleurs de l'autre sont notablement plus avancées et se flétrissent ; les racines pèsent 0gr,653.

Le même jour, deux plantes d'un autre lot ont été prises. Elles sont plantées depuis 56 jours.

Les fleurs de la première ne sont pas encore ouvertes; les

racines pèsent, toujours pour 1 gramme de graine, 0gr,508.

Les fleurs de la seconde sont plus avancées et s'ouvrent; les racines ne pèsent que 0gr,377.

Ainsi, dans toutes ces expériences, vers le moment où les fleurs s'épanouissent, les racines ont un poids notablement moindre qu'avant et après l'épanouissement floral.

L'étude du Sarrazin montre le même fait :

Après 32 jours de végétation, les fleurs vont apparaître. Les racines pèsent en moyenne 1gr,340.

Le lendemain, de nouvelles plantes de la même espèce sont prises. La moyenne du poids sec des racines est 1gr,380.

Huit jours après, les fleurs sont épanouies. Le poids sec moyen des racines, pour 1 gramme de graine, est égal à 1gr,090.

Il nous semble donc qu'après ces diverses observations, il ne peut rester aucun doute sur ce fait, que le poids sec des racines diminue pendant la floraison. Le temps de cette diminution paraît correspondre, en général, à l'époque du plein épanouissement floral.

Cette diminution du poids sec des racines peut tenir à deux causes :

1° A une migration de la substance des racines vers le haut de la plante.

2° A une disparition de cette substance, du corps tout entier de la plante.

La première de ces causes doit certainement entrer en ligne de compte dans l'explication du phénomène. Elle a été déjà constatée en effet, et elle se conçoit facilement quand on pense au développement rapide des organes floraux, qui ne peut se faire qu'aux dépens de la substance déjà élaborée. Nous avons toutefois observé, en outre, généralement une tendance à la diminution du poids sec total de la plante, à cette époque de la floraison. Il y a donc, non seulement migration, mais disparition de substance.

Quant à la cause de cette disparition, nous croyons qu'elle doit être cherchée dans les phénomènes respiratoires. On sait que les fleurs sont le siège d'une forte combustion et MM. Bon-

nier et Mangin ont montré que, chez ces organes, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est très grand. Il n'est donc nullement étonnant de trouver, au moment où ils fonctionnent le plus activement, une diminution de poids sec dans les racines. Cette diminution serait ainsi due à l'appel de substance par des organes qui non seulement, étant peu capables d'assimiler par eux-mêmes, ont besoin de cette substance pour se développer, mais qui dépensent, par une forte combustion, une partie de cette substance.

La durée de cette perte de poids sec est, du reste, très courte, puisque nous avons constaté une augmentation de poids au moment où les fleurs apparaissent, et au moment où elles vont se faner; c'est pourquoi cette perte a passé inaperçue dans les observations faites seulement au commencement et à la fin de la floraison.

En résumé, dans cette période, *le poids des racines est un peu plus grand à la fin qu'au commencement, mais il y a eu, vers le milieu, une perte notable.*

Remarquons qu'il s'agit ici d'une diminution du poids, et non pas seulement d'une diminution du gain par jour, comme à la chute des cotylédons.

4ᵉ *période.* — Nous insisterons peu sur cette dernière période, déjà étudiée d'une façon générale, par M. Dehérain, et pour laquelle nous avons rappelé précédemment que cet auteur distingue trois catégories de plantes.

Pour le Lupin et le Sarrasin, nous n'avons constaté aucune perte de substance, mais au contraire, pendant un certain temps, un gain assez fort.

Nous avons vu, par exemple, dans une de nos expériences, que, après 78 jours de végétation, au moment où des fleurs commencent à se faner, les racines de Lupin pèsent, en moyenne, pour 1 gramme de graine, $0^{gr},830$. Or cinq jours après, les racines d'un Lupin, qui porte des fruits, pèsent $1^{gr},311$.

Du reste, nous ne trouvons plus, à cette époque, aucune régularité dans les résultats, et le fait est dû à plusieurs causes. Le nombre des graines qui se développent varie suivant chaque

plante; il en est de même du nombre des ramifications florales qui poussent après la première floraison. Le gain des racines dépend évidemment de toutes ces causes, et varie avec elles. Il est donc également difficile de décider si ce gain est dû à la maturation des graines ou au développement des nouvelles feuilles.

Résumé des variations du poids sec de la racine. — En résumé, dans la racine :

Il y a gain quotidien en poids sec depuis la germination jusqu'à la floraison. Ce gain est régulier pendant la germination; il augmente quand la chlorophylle apparaît, et de plus en plus jusqu'à la chute des cotylédons; puis il diminue momentanément chez les plantes à cotylédons charnus, quand ces cotylédons tombent, pour augmenter de nouveau jusqu'à la floraison.

Il y a perte de poids sec au moment de l'épanouissement floral, puis reprise de gain vers la fin de la floraison.

A la maturation les phénomènes sont variables suivant les espèces.

Le développement des fruits est, en outre, accompagné souvent du développement de nouveaux organes : feuilles et fleurs. Les variations du poids des racines résultent de l'ensemble de ces différentes causes agissant chacune pour son propre compte.

2. — Variations, avec l'âge, du carbone et des substances minérales des racines.

Les variations du carbone et des sels, par rapport aux variations de la substance sèche de la plante, ont été suivies sur les cultures de Lupin déjà citées.

Tous les résultats obtenus ont été, pour plus de clarté, résumés dans le tableau ci-contre. Nous nous contenterons de donner ici les conclusions auxquelles nous ont amenés les analyses de ces racines :

EXPÉRIENCES.	NOMBRE DE JOURS DE VÉGÉTATION.	POIDS TOTAL DE LA SUBST. SÈCHE des racines pour 1 gr. de graine.	POIDS TOTAL POUR 1 GRAMME de graine		GAIN (+) OU PERTE (—) PAR JOUR			RAPPORT DU GAIN OU DE LA PERTE par jour au gain ou à la perte de substance sèche totale		OBSERVATIONS.
			du carbone.	des sels.	de la subst. sèche.	du carbone.	des sels.	pour le carbone.	pour les sels.	
1re.	8 (11-19 juin).......	gr. 0,045	gr. 0,021	gr. 0,002	+0,0055	0,0026	0,00025	+0,470	+0,045	Téguments non tombés.
	12 (19-23 juin).......	0,094	0,044	0,006	+0,011	0,0037	0,001	+0,518	+0,090	2 feuilles.
2e..	12 (21 avril-3 mai)...	0,073	0,036	0,004	+0,006	0,003	0,0003	+0,500	+0,050	Téguments non tombés.
	21 (3 mai-12 mai)....	0,148	0,064	0,015	+0,008	0,0031	0,0012	+0,387	+0,150	3 feuilles.
	26 (12 mai-17 mai)...	0,196	0,081	0,040	+0,009	0,0034	0,005(?)	+0,377	+0,500(?)	6 —
3e..	35 (13 mars-17 avril).	0,195	0,067	0,025						
	41 (17 avril-23 avril)..	0,330	0,111	0,037	+0,022	0,0073	0,002	+0,331	+0,100	7 feuilles.
	49 (23 avril-1er mai)..	0,390	0,144	0,054	+0,007	0,0041	0,002	+0,585	+0,285	Chute des cotylédons.
	57 (1er mai-9 mai)...	0,505	0,201	0,072	+0,014	0,0071	0,0022	+0,507	+0,157	7 feuilles.
	66 (9 mai-18 mai)....	0,673	0,270	0,120	+0,018	0,0077	0,0053	+0,420	+0,290	13 —
	72 (18 mai-24 mai) ..	0,411	0,134	0,100	—0,043	—0,033	—0,003	—0,660	—0,100	Fleurs.
	78 (24 mai-30 mai)...	0,850	0,183	0,178	+0,073	+0,008	+0,013	+0,100	+0,178	Fleurs se fanent.
	114 (30 mai-4 juin)....	1,218	0,433	0,292	+0,010	0,0069	+0,003	+0,090	+0,310	Nouvelles ramifications florales et maturation.

1° *Carbone.* — Pendant les premiers temps de la végétation, avant et même un peu après la chute des téguments, le carbone représente la moitié environ du gain de la substance sèche.

Dans la suite, jusqu'à la chute des cotylédons, il ne représente plus que le tiers, à peu près, du gain du poids sec.

Depuis la chute des cotylédons jusqu'à la floraison, sa proportion dans le gain augmente de nouveau.

Pendant la floraison, quand il y a perte de substance, le carbone représente plus de la moitié de cette perte. Ce dernier fait nous semble bien montrer la grande part qui revient, comme nous l'avons supposé, à l'intensité des phénomènes respiratoires dans cette perte de poids.

Enfin, dans la dernière période végétative, la proportion du gain de carbone au gain total devient très faible.

Si nous considérons maintenant, non plus la proportion du carbone dans le gain total, qui dépend de l'entrée plus ou moins grande des autres substances dans la plante, mais la marche du gain du carbone au point de vue absolu, nous voyons que ce gain par jour :

Augmente sans cesse, dans la racine, depuis la chute des téguments jusqu'à la chute des cotylédons ;

Devient moindre à cette époque ;

Augmente de nouveau jusqu'à la floraison, où il y a perte notable ;

Est égal à peu près, quand les fleurs se fanent, à ce qu'il était avant la floraison, puis va en diminuant.

2° *Substances minérales.* — Comparons tout d'abord, comme pour le carbone, le rapport du gain des sels de la racine au gain total de cette racine sèche. Comme le montre le tableau précédent, cette proportion, d'abord très faible avant la chute des téguments, va ensuite en augmentant rapidement jusqu'à la chute des cotylédons.

Elle devient très grande au moment de cette chute et diminue ensuite pour augmenter jusqu'à la floraison.

Elle s'accroît énormément aussitôt après la floraison.

Pendant la floraison, il y a également perte de substances minérales, mais cette perte est excessivement faible par rapport à la perte du carbone et de la substance sèche.

Envisagées maintenant au point de vue absolu, les substances minérales :

Sont en quantité très faible dans la racine avant la chute du tégument;

Éprouvent, après cette chute, un gain plus grand, mais qui, pendant un certain temps, reste assez sensiblement le même par jour;

Augmentent rapidement avec le développement des feuilles dans la période qui précède la floraison;

Ne subissent qu'une faible perte pendant l'épanouissement floral;

Vont en augmentant, de nouveau, rapidement au commencement de la maturation;

Augmentent encore, mais bien moins rapidement, pendant la dernière période végétative.

En résumé, la marche du gain des substances minérales suit généralement la marche du gain du carbone. Les principales différences s'observent :

Au moment de la chute des cotylédons, où le gain par jour diminue pour le carbone et reste à peu près le même pour les sels;

Pendant la floraison, où la perte de carbone est très grand dans la racine, et la perte de sels très faible.

Les autres différences ne sont, en somme, que secondaires.

3. — Variations, avec l'âge, de la proportion d'eau des racines.

Le rapport du poids d'eau au poids sec varie dans la racine, comme dans toute la plante en général, avec le développement. Il est à peine besoin d'ajouter qu'aux mêmes époques de végétation cette proportion d'eau peut être, dans les mêmes organes, différente suivant les espèces de plantes considérées. Les variations de cette proportion sont donc seules comparables.

1re *expérience.* — Dans des expériences faites au mois de juin sur des Lupins, les nombres représentant le rapport du poids de l'eau au poids sec de la racine ont été trouvés égaux en moyenne aux nombres suivants :

Après 8 jours	.....	12.	Les téguments tombent.
— 12 —	.....	13.	2 feuilles.
— 14 —	.....	15.	3 —
— 19 —	.....	15.	4 —
— 28 —	.....	17.	Chute des cotylédons.

Nous savons déjà que, pendant toute cette période, le poids sec a constamment augmenté. Nous voyons qu'il en est de même du poids frais. Celui-ci s'est aussi continuellement accru ; et en outre, dans une proportion de plus en plus grande par rapport à la substance sèche, puisque les nombres qui représentent cette proportion sont de plus en plus grands.

Jusqu'au moment de la chute des cotylédons, l'eau augmente donc, dans la racine, dans des proportions qui s'élèvent plus rapidement que pour la substance sèche.

2e *expérience.* — Dans une autre série d'expériences, nous avons obtenu, pour les rapports du poids de l'eau au poids sec :

Après 17 jours de végétation..	15.	2 feuilles.
— 21 — ..	15.	3 —
— 26 — ..	16.	6 —
— 35 — ..	17.	Les cotylédons vont tomber.
— 41 — ..	15.	Les cotylédons sont tombés.

Les résultats sont semblables aux précédents, mais nous observons de plus, après la chute des cotylédons, que la proportion d'eau a diminué.

3e *expérience.* — Dans cette expérience faite au mois d'avril, les observations ont été commencées un peu avant la chute des cotylédons, et suivies jusqu'à la mort de la plante. Le rapport du poids sec au poids de l'eau était égal à :

Après 45 jours de végétation.	17.	6 feuilles. Cotylédons encore adhérents.
— 53 — .	15.	Cotylédons tombés.

Après 66 jours de végétation.		16.	13 feuilles.
— 72	—	16.	Floraison.
— 78	—	16.	Les fleurs se fanent.
— 83	—	15.	Nouvelles ramifications florales.
— 114	—	15.	Seconde floraison.
		12.	Seconde maturation.

On voit donc que, après la chute des cotylédons, il y a momentanément une légère diminution dans la proportion d'eau, puis cette proportion augmente de nouveau et reste stationnaire jusqu'à la floraison, et pendant la floraison. Pendant tout ce temps, l'eau suit ainsi les variations de la substance sèche.

Pendant la maturation, il y a diminution de la proportion d'eau.

En résumé, *dans les racines :*

Le maximum de la proportion d'eau paraît se produire au moment de la chute des cotylédons ;

Du début de la germination jusqu'à ce moment, l'eau augmente, dans la racine, dans des proportions plus rapides que la substance sèche.

Après la chute des cotylédons, le contenu en eau varie sensiblement dans les mêmes proportions que cette substance sèche, jusqu'à la maturation.

Pendant la maturation, la proportion d'eau diminue.

(A suivre.)

ÉTUDES SUR LA VÉGÉTATION

DE LA VALLÉE DE CHAMONIX

ET DE LA CHAINE DU MONT BLANC

Par M. Gaston BONNIER

(*Suite et fin.*)

II

LA VÉGÉTATION DE LA CHAINE DU MONT BLANC COMPARÉE A CELLE DES CONTRÉES VOISINES.

Maintenant que nous connaissons la distribution générale des plantes dans la partie du massif du Mont Blanc que nous avons choisie comme terrain d'étude, nous pouvons nous demander à quelles causes on pourrait attribuer la pauvreté relative de cette flore par rapport à celles des régions voisines dans les Alpes. C'est un problème dont la solution certaine ne peut être donnée, mais l'examen même de cette question va nous amener à mettre en évidence quelques faits nouveaux et à réfuter les opinions trop absolues admises à ce sujet par plusieurs savants.

1° *Influence de la nature géologique du sol.* — On sait que la nature physique des roches et la composition chimique du sol influent tout au moins d'une manière relative sur la distribution des plantes; beaucoup de botanistes attachent une très grande importance à ce caractère, au point de vue de la géographie botanique.

Il est certain que dans les régions où, à égalité de climat, il se

présente à la surface du sol des terrains de nature très diverse, la lutte entre les espèces pouvant s'établir d'une manière plus variée, on observe en réalité une flore plus riche que dans une contrée analogue où le sol aurait partout la même nature. D'autre part, si l'on quitte le massif du Mont Blanc au nord, par le col de Balme, au sud par le col du Bonhomme, à l'est en allant au-delà de Courmayeur, à l'ouest en atteignant la chaîne du Buet, il est vrai de dire qu'on trouvera partout, à égalité d'altitude et d'exposition, une flore généralement moins pauvre que celle de la vallée de Chamonix et l'on peut faire remarquer qu'en tous ces points, les calcaires jurassiques, les terrains appartenant au trias et au houiller se montrent à la surface du sol à côté des terrains primitifs.

On pourrait donc être tenté d'expliquer la pauvreté de la flore dans le massif du Mont Blanc par la nature géologique du sol, constitué presque exclusivement par des granites et des schistes cristallins. C'est l'explication qu'a proposée M. Bouvier, qui va même très loin dans cette voie, car il attribue exclusivement à la présence du terrain anthracifère la richesse relative des flores du Galibier, du Cramont et du massif du Mont Rose (1).

Nous avons dit qu'une circonstance locale, la présence d'un petit lambeau de terrains calcaires au sommet du Belvédère, point culminant des Aiguilles rouges, était particulièrement favorable à l'étude de l'influence chimique du sol. M. J. Vallot, qui a fait l'étude détaillée de ce terrain au point de vue qui nous occupe, en conclut que la théorie chimique lui paraît d'accord avec les observations. Ces conclusions me paraissent bien absolues. M. Vallot a mis en évidence l'opposition qu'on observe entre la distribution de certaines espèces sur le calcaire et sur le micaschiste du Belvédère et ses intéressantes observations font voir nettement l'influence du changement de terrain sur la lutte pour l'existence; mais je ne crois pas qu'on puisse en conclure rien de général, et la conclusion plus étendue qu'on pourrait en déduire ne résulte pas de la comparaison de ces flores

(1) *Bulletin de la Société botanique de France*, 1863, p. 681.

avec celles des calcaires du Buet ou des roches cristallines de la chaîne du Mont Blanc.

En effet, M. Vallot cite, en tout, comme spéciales au calcaire sur le Belvédère, huit espèces : *Ranunculus glacialis*, *Arabis alpina*, *Alsine verna*, *Alsine Cherleri*, *Artemisia mutellina*, *Erigeron uniflorus*, *Campanula cenisia* et *Linaria alpina*; or, ces huit espèces se trouvent abondamment sur les schistes cristallins et sur les roches granitiques dans toute la chaîne des Alpes et je les ai toutes rencontrées sur la chaîne du mont Blanc ou sur la chaîne des Aiguilles rouges. Par contre, la plupart des huit espèces que M. Vallot a trouvées exclusivement sur le micachiste du Belvédère peuvent s'observer sur le calcaire et plusieurs d'entre elles (*Homogyne alpina*, *Veronica bellidioides*, par exemple) y sont même très abondantes.

Il suffirait presque de citer un fait caractéristique pour réduire à néant toute conclusion générale sur l'influence absolue du terrain : le *Geum reptans* est, en Savoie, *exclusivement calcicole*, et cette même espèce est, en Dauphiné, *exclusivement silicole*.

Je crois cependant que les conclusions que l'on peut tirer des observations de M. Vallot sont des plus intéressantes; l'étude comparée qu'il a faite de la distribution des plantes en un point spécial de la chaîne des Aiguilles rouges sur deux terrains différents montre à quel point la nature du sol peut influer localement sur la distribution des espèces.

Quant aux conclusions citées plus haut, auxquelles est arrivé M. Bouvier, il n'y a qu'à comparer les flores des divers groupes des Alpes avec la carte géologique pour les trouver inadmissibles. La flore du massif du Mont Rose, dans sa partie exclusivement cristalline, la flore des chaînes granitiques ou gneissiques des Alpes dauphinoises sont, à climat égal, pour le même terrain et la même exposition, infiniment plus riches que celle de la chaîne du Mont Blanc, même en y comprenant tout le terrain houiller.

En résumé, bien que l'uniformité des roches soit certainement une circonstance défavorable à la variété des formes, on ne saurait expliquer par la nature géologique du sol la pauvreté relative de la flore dans le massif du Mont Blanc.

2° *Influence de la lutte des espèces entre elles.* — Partout, les espèces différentes ont à luttter entre elles pour s'établir sur un sol nouveau. On peut se demander comment le climat et le sol étant les mêmes dans le massif du mont Blanc que dans plusieurs contrées voisines des Alpes, les espèces si abondantes dans ces contrées voisines ne parviennent pas actuellement à s'y établir. Leurs graines n'arrivent-elles pas, emportées par le vent jusqu'au massif du mont Blanc, ou bien les graines arrivent-elles, mais sans pouvoir y germer?

En effet, quelles qu'en soient les causes, la flore de ce massif est beaucoup plus pauvre que celle du Mont Rose ou que celle du Pelvoux, où pourtant le sol et le climat sont identiques. Comment se fait-il qu'elle ne s'enrichisse pas chaque année par des graines venues de ces autres régions des Alpes qui en sont, somme toute, peu éloignées? Comment n'y vient-il pas du Grand Saint-Bernard ou du Rutor qui touchent au massif du Mont Blanc, les espèces qu'on rencontre sur ces montagnes?

Pour se rendre compte de ces faits, il faut d'abord remarquer que, sauf de rares exceptions, presque toutes les plantes subalpines et toutes les plantes alpines sont des espèces vivaces. En second lieu, si l'on considère les choses de très près, on ne saurait croire à quel point le sol, dans toutes les parties où il est permis aux plantes de s'établir, est envahi complétement par la végétation. Racines et tiges souterraines des plantes vivaces s'entre-croisent partout et forment comme un feutrage serré, au milieu duquel il est souvent matériellement impossible à une plante nouvelle de trouver place. S'il est en apparence des portions du sol étendues qui sont dépourvues de végétation, c'est que les éboulis, le passage rapide de l'eau ou de la terre entraînées quand il pleut, l'obscurité ou toute autre condition défavorable à la végétation, empêchent la plupart des espèces de s'y installer.

Lorsque l'on considère les nombreux travaux qui ont été faits sur la naturalisation des espèces et sur les flores adventices, on constate que la majeure partie des plantes introduites dans une flore donnée sont des plantes annuelles et l'on sait qu'en tout cas, annuelles ou vivaces, bien peu d'espèces subsistent. C'est

d'ailleurs, le plus souvent, dans les champs, dans les terrains vagues ou dans les décombres que s'introduisent rapidement par graines de nouvelles espèces, bien rarement dans les stations où la flore indigène est intacte.

Au point de vue des régions alpines, dont nous avons uniquement à nous occuper ici, je citerai quelques expériences très simples que j'ai faites dans les Alpes et dans les Pyrénées. J'ai pris des graines de plantes subalpines et alpines appartenant à des espèces des Alpes qui manquent dans les Pyrénées et j'ai jeté ces graines sur le sol, comme si elles étaient tombées naturellement, en divers points de la vallée d'Aure, aux altitudes et dans la zone qui m'ont semblé les plus analogues à celles que ces espèces occupent dans les Alpes, en des points où croissaient dans les deux chaînes de montagnes de nombreuses plantes appartenant à des espèces identiques entre elles. J'ai semé réciproquement, aux environs du Bourg-d'Oisans, des espèces spécialement pyrénéennes d'habitats analogues. Dans tous ces essais, je n'ai pu constater la germination que de très peu de graines, c'est à peine si quelques individus ont fleuri et tous ont disparu en moins de quatre ans.

En somme, l'introduction d'espèces vivaces par graines, au milieu d'une flore donnée, dans une contrée alpine déterminée telle que le massif du Mont Blanc, ne peut se faire que très accidentellement et les modifications actuelles de la flore par ce moyen ne sauraient être qu'extrêmement lents.

Quant à supposer, ce qui serait plus simple encore, qu'en réalité, aucune graine d'espèce étrangère à la flore du Mont Blanc n'y arrive apportée par le vent, cela ne peut se soutenir. On va même voir qu'il n'est pas nécessaire que les graines soient ailées ou transportées par des aigrettes pour qu'elles puissent atteindre ou même franchir la chaîne du mont Blanc.

3° *Végétation qui s'installe sur les terrains nouvellement abandonnés par les glaces.* — C'est ici que je dirai quelques mots des observations que j'ai faites sur les terrains que les glaces ont abandonnés depuis 1826, à la base du glacier des Bois et du

glacier d'Argentières, entre l'ancienne moraine frontale de chacun de ces glaciers et sa limite actuelle. J'ai aussi noté la végétation sur les terrains qui correspondent à ceux d'en bas dans la zone morainique supérieure, à la base du glacier des Pélerins et du glacier de Blaitière (Voyez les terrains marqués de hachures sur la carte de la pl. 7).

Dans ces terrains, où le sol vient d'être abandonné par les glaces, ce sont d'abord les Lichens, les Algues et les Muscinées qui prédominent, et leur développement se fait avec une assez grande lenteur. Puis un certain nombre des espèces vasculaires déjà développées dans la partie morainique plus ancienne viennent peu à peu s'y établir. La plupart sont des espèces vivaces qui augmentent leur aire d'extension, au moyen de leurs parties souterraines ou de leurs tiges rampantes; c'est ce que j'ai constaté pour les espèces suivantes :

Rhododendron ferrugineum.
Calluna vulgaris.
Hieracium staticæfolium.
Hieracium Pilosella.
Hippophae rhamnoides.
Sedum album.
Sempervivum montanum.
Epipactis latifolia.
Campanula rotundifolia.
Anthyllis Vulneraria.
Rumex scutatus.
Saxifraga stellaris.
Alnus incana.
Thymus Serpyllum, etc., etc.

Çà et là, au contraire, on pouvait observer des espèces qui, souvent, étaient issues de graines germant, telles que :

Senecio viscosus.
Epilobium Fleischeri.
Silene rupestris.
Trifolium pallescens.
Euphrasia officinalis.
Betula alba.
Alsine striata.
Erigeron acre.
Myricaria germanica, etc., etc.

De telle sorte que, peu à peu, tandis que quelques plantes germant occupent le sol devenu favorable à la végétation, au milieu des Lichens et des Muscinées établies les premières, toute la lisière du terrain nouveau est envahie par les rejets des plantes vivaces, et ce sont ces plants par rejets qui l'emportent, en définitive, dans l'installation de la nouvelle végétation.

La même marche est suivie pour l'installation beaucoup plus

lente de la végétation dans les moraines de la zone alpine supérieure. Les plants issus de germination y semblent encore moins fréquents, et les rejets des plantes alpines, qui sont toutes vivaces, jouent le rôle principal dans la marche en avant de la végétation, qui s'installe sur les éboulis ou les terrains glaciaires mis à découvert. D'ailleurs, dans la région alpine supérieure, toutes les plantes germent assez difficilement. J'ai pu le remarquer dans les terrains de mes champs de culture, à 2 300 mètres et 2 400 mètres d'altitude, où les « mauvaises herbes » n'étaient pas à craindre à côté des espèces plantées.

A propos de cette étude, je mettrai en évidence un fait important. En revoyant ces terrains, en 1888, comme j'avais étudié récemment des plantules germant de Renonculacées, j'ai porté mon attention sur les germinations naturelles que je pouvais observer sur ces points spéciaux de la vallée de Chamonix, et j'y ai remarqué, au milieu de nombreux plants des espèces mentionnées plus haut, quelques jeunes plantes issues de graines, et qui appartenaient à des espèces étrangères à la flore environnante, et même tout à fait étrangères à la flore du Mont Blanc.

Je citerai des germinations d'*Anemone vernalis* ou *Halleri*, dont les localités les plus proches, pour la première espèce, sont au col de Balme ou au col du Bonhomme; de *Callianthemum rutæfolium*, au bas du glacier des Pèlerins, espèce qui n'a jamais été observée dans le massif du Mont Blanc; du *Ranunculus alpestris*, espèce étrangère à la vallée de Chamonix, ainsi que du *Ranunculus parnassifolius*, issu naturellement de germination, à Argentières, et qui a été cité seulement une fois par M. Chevallier, sur la chaîne des Aiguilles-Rouges.

Ces quelques faits se rapportant seulement à la germination d'espèces d'une seule famille montrent que la dissémination des espèces peut parfois se faire à de très grandes distances, mais que l'introduction définitive d'une espèce nouvelle par cette voie, dans une flore telle que celle-ci, est presque toujours très difficile.

Je ferai remarquer, en terminant, que pour les plantes Cryptogames, dont les spores sont transportées si facilement, et dont

l'installation n'exige pas en général un sol aussi préparé, il n'en est pas de même. Aussi n'est-on pas surpris de trouver la flore cryptogamique de cette région relativement beaucoup plus riche que la flore phanérogamique.

Conclusion. — Nous l'avons dit plus haut, ce que l'on observe dans ces terrains mis à découvert par les glaces a dû se produire autrefois dans la vallée de Chamonix tout entière.

C'est très lentement, et surtout par la propagation des plantes vivaces, que la végétation a dû s'établir dans la vallée, à mesure que diminuait l'extension du grand glacier de l'Arve.

Pour expliquer le peu de richesse de cette flore, je pense que l'opinion du savant que j'ai cité dans les premières lignes de cette étude est certainement la plus plausible. Ce n'est ni à la nature du sol, ni à l'influence du climat actuel, que l'on peut attribuer la pauvreté de la flore qui nous occupe, c'est une cause antérieure qu'il faut invoquer, très probablement la longue persistance des glaces dans ces vallées encaissées. Il faut y ajouter la disposition orographique du massif peu accessible à l'envahissement par la végétation. Tandis que le massif du Mont Rose ou les montagnes cristallines du Dauphiné présentent des vallées ouvertes dans toutes les directions et reliées aux flores les plus diverses, la vallée de Courmayeur, et plus encore la vallée de l'Arve, sont certainement d'un accès très difficile pour la propagation des plantes. Ce n'est qu'avec une extrême lenteur que le tapis végétal a dû se former sur tout le massif du Mont Blanc, et il n'a pu se trouver composé que par un nombre restreint d'espèces.

Explication de la planche 7.

La planche 7 représente une partie de la vallée de Chamonix avec l'indication des diverses zones végétales, dont les limites ont été déterminées directement. La légende qui accompagne cette carte indique les signes adoptés.

REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS, PUBLIÉS EN 1888

III. — Ascomycètes.

Les *Exoascées* ont été cette année l'objet de plusieurs travaux. La recherche des spores des *Saccharomyces* a été faite avec succès par M. Wasserzug (1), enlevé si prématurément à la science. Pour obtenir des spores, l'auteur sème la levûre sur du papier buvard renfermé dans un tube stérilisé contenant un peu de liquide. Les ascospores sont formées au bout de vingt-quatre heures si le liquide n'est pas sucré, à moins que le sucre ne soit du lactose, et si la culture servant à l'ensemencement n'a pas plus de trois à quatre jours de date. Dix espèces de levûre ont été étudiées par l'auteur, leur diagnose n'est malheureusement pas donnée; il cite des espèces de levûre de vin d'Algérie, une de vin du Jura, une extraite du Kéfir, etc.

Une étude semblable est poursuivie depuis une dizaine d'années par M. Hansen (2). A l'aide de cultures faites en partant d'une spore, d'après une méthode publiée en 1886, l'auteur a pu établir que les caractères indiqués par Rees sont insuffisants pour définir les espèces de *Saccharomyces*, une même plante pouvant présenter successivement ces prétendus caractères spécifiques. M. Hansen est arrivé cependant à isoler un certain nombre d'espèces définies par leur évolution, leurs températures critiques et leurs propriétés physiologiques. Il a ainsi découvert que le *S. membranæfaciens* ne produit ni invertine ni fermentation alcoolique, que les *S. Marxianus et exiginus* ne font pas fermenter le maltose. Il a séparé du genre *Saccharomyces* une série de formes analogues mais qui ne produisent jamais d'endospores, telles sont : *Saccharomyces apiculatus* (nom qu'il faudra modifier) *Mycoderma vini*, *Cerevisiæ*, *Monilia candida*, etc. Au point de vue industriel, le genre *Saccharomyces* renferme seul des espèces produisant une fermentation rapide du maltose; les autres champignons ne peuvent donc être appelés à jouer un rôle important dans les brasseries.

Un autre Champignon voisin, le *Saccharomyces minor*, a été l'objet des recherches de M. Arcangeli (3). Trouvée par Engel dans le levain, l'existence de cette levûre avait été mise en doute, on peut cependant la mettre en évidence à l'aide du violet de gentiane; elle se cultive sur la gélatine nutritive de Koch et sur différents milieux. L'auteur lui attribue la fermentation

(1) Wasserzug : *Sur les spores des levûres* (Bull. de la Soc. bot., 1888, p. 152).

(2) Hansen : Observations sur les levûres de bière. — Action des ferments alcooliques sur les diverses espèces de sucre (*Ann. de micrographie*, 1888, nos 1, 2 et 3).

(3) Arcangeli : *Sul Saccharomyces minor Engel* (Nuovo Giornale bot. ital.; Bollettino della Soc. bot. italiana, p. 305).

panaire, mais sans recherches suffisantes; une fermentation alcoolique n'a jamais lieu, dans ce cas, d'après M. Duclaux (1).

L'étude du genre *Taphrina* a conduit M. Johanson (2) à démontrer que toutes les espèces ne possèdent pas un mycélium vivace ; si une ou deux feuilles sont attaquées seulement sur une branche, le mycélium ne se retrouve ni dans les bourgeons ni dans les pétioles, le parasite doit passer l'hiver en dehors de l'hôte ; c'est ce qui arrive pour le *T. carnea*, *Sadebeckii*, *Betulæ* et pour le *T. Ostryæ* découvert par M. Massalongo (3).

Le groupe des Exoascées s'est enrichi d'un genre nouveau, *Eremothecium*

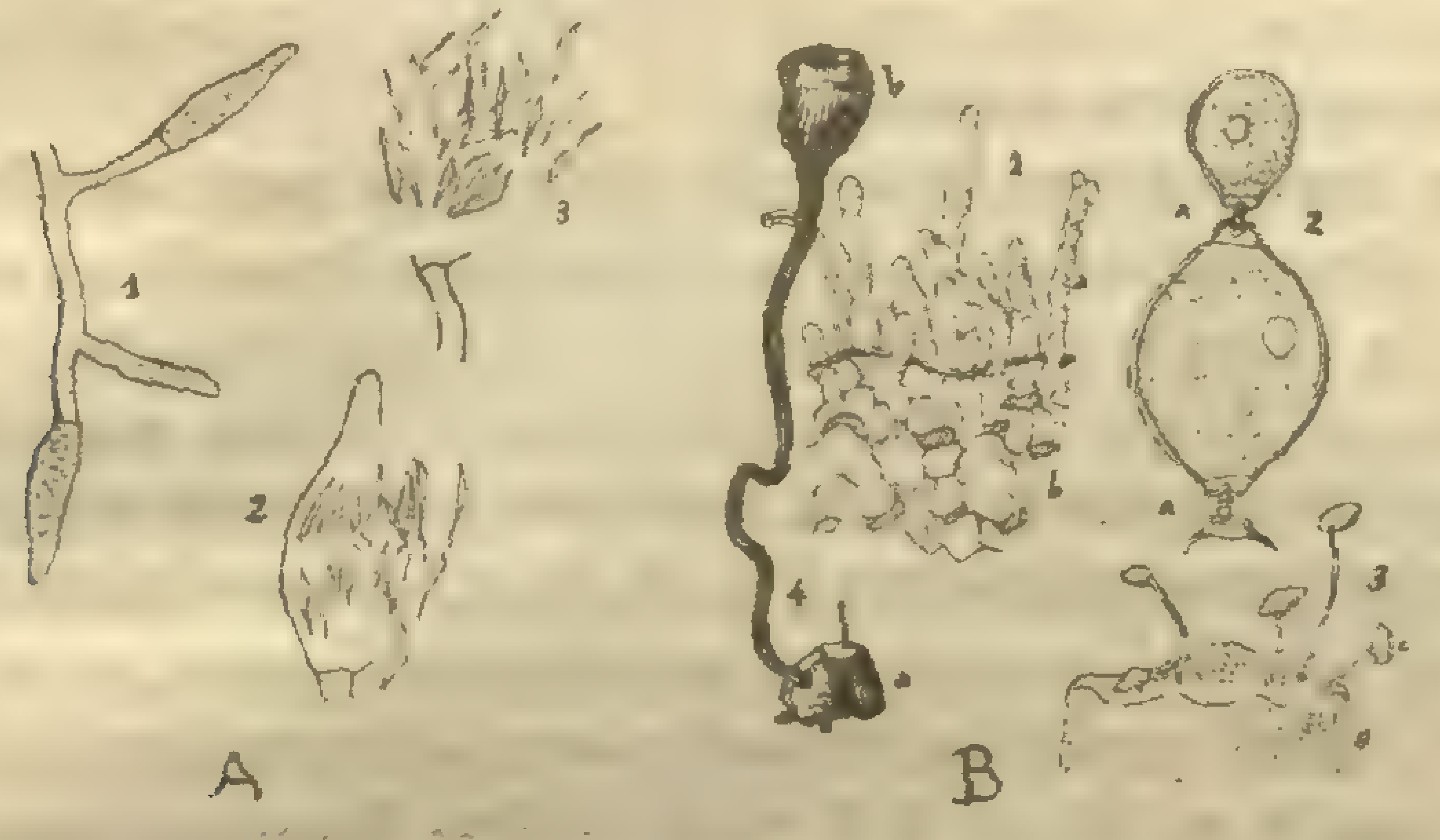


Fig. 18. — A. *Eremothecium Cymbalariæ*; 1, mycélium à ramifications terminées par des asques ; 2 et 3, asques ouverts émettant les spores (d'après Borzi). — B. *Sclerotinia baccarum*; 1, forme Torula déchirant l'épiderme du Vaccinium; 2, spores du Torula avec leur disjoncteur; 3, germination des spores précédents sur le stigmate ; 4, sclérote (*a*) ayant conservé la forme du fruit et donnant en germant une Pezize (d'après Woronine).

voisin des *Gymnoascus*, dont la découverte est due à M. Borzi (4). Cet Ascomycète vit en parasite dans la capsule du *Linaria Cymbalaria* et empêche la dissémination des graines de cette plante. Le mycélium pénètre dans le placenta, mais ne s'avance pas dans l'intérieur du tissu ovarien. Les asques piriformes, absolument nus, se forment à l'extrémité de courts filaments qui s'observent dans l'ovaire; les ascospores y existent en grand nombre (30 à 60) et, comme dans les *Podocapsa* étudiés récemment par M. Van Tieghem, elles sont mises en liberté par gélification complète de la paroi de l'asque (5) (fig. 18, A).

Plusieurs mémoires importants sur les *Pezizées* doivent être mentionnés,

(1) Duclaux : *Chimie biologique*, p. 585.

(2) Johanson : *Studien über die Pilzgattung Taphrina* (Botanisches Centralblatt, XXXIII, p. 222).

(3) Massalongo : *Ueber eine Species von Taphrina* (Botanisches Centralblatt, XXXIV, p. 389).

(4) Borzi : *Eremothecium Cymbalariæ, nuovo Ascomicete* (Nuovo Giorn. bot. ital., XX, nº 4, Bull. della Soc. bot. ital., p. 452, avec 6 figures).

(5) Rappelons aussi la note de M. Sadebeck sur le *Protomyces macrosporus*, qui engendre une maladie sur la Carotte.

l'un d'eux est dû à M. Woronine (1). Doll avait cru autrefois reconnaître une variété de *Vaccinium Myrtillus* présentant des fruits blanchâtres, il n'avait en réalité affaire qu'à un fruit modifié par l'existence d'un parasite qui envahit ce fruit et se substitue à lui. Le sclérote qui se forme ainsi germe et se transforme en une Pezize que l'auteur appelle *Sclerotinia baccarum* (fig. 18, B), dont le développement complet a pu être suivi. Au printemps, les ascospores pénètrent dans la tige et la feuille du *Vaccinium*, y ramifient leur mycélium, bientôt percent la cuticule et donnent naissance à un *Torula* ou à un *Molinia?* (2), peut-être le *Torula fructigena*, dont les spores en chapelet s'isolent à l'aide d'un disjoncteur dont le mode d'action, qui n'avait pas encore été décrit, se comprend si l'on examine la figure B, 2. Il se fait dans la membrane de deux spores voisines un fuseau cellulosique qui en s'accroissant amène leur séparation.

Ces spores germent très facilement dans l'eau pure où elles donnent des spermaties ; elles produisent de longs tubes dans les milieux nutritifs riches, c'est ce qui se passe quand elles se trouvent transportées sur le stigmate du *Vaccinium*, ainsi que M. Woronine a pu le vérifier expérimentalement. Deux ou trois jours après le semis, les tubes germinatifs ont pénétré dans le style comme les tubes polliniques (fig. 18, B, 3), et bientôt les quatre loges se trouvent remplies de filaments qui envahissent l'ovaire, se substituent à lui et forment un sclérote qui conserve la forme extérieure d'un fruit (fig. 18, B, 4). Le sclérote tombe sur le sol et y reste l'hiver. En décembre on voit les débuts de la formation de la Pezize. Une section dans le tissu des sclérotes montre que certaines plages deviennent brunâtres, mais aucun phénomène de fécondation (même comme l'entend de Bary chez les Ascomycètes) n'a pu être bien nettement mis en évidence. Les fruits cupulés naissent au printemps (fig. 18, B, 4).

Les mêmes phénomènes peuvent s'observer chez les autres espèces de Vacciniées de la Finlande, qui présentent chacune une Pezize spéciale. Le *Vaccinium Oxycoccos* est attaqué par le *Sclerotinia Oxycocci*, le *V. uliginosum* par le *S. megalospermum* et le *V. Vitis Idæa* par le *S. Vaccinii*. Les différences entre ces quatre parasites sont d'ailleurs assez faibles.

En terminant, l'auteur cite quelques faits qui peuvent faire penser à la possibilité d'une généralisation de ce genre de recherches. Les fruits de certains arbres deviennent quelquefois durs (*Cerasus*, *Prunus Padus*, *Sorbus aucuparia*), or ce changement dans la consistance est dû également à des sclérotes ; l'*Acrosporium Cerasi* qu'on a seul observé dans ce cas serait l'analogue du *Torula fructigena*, la présence des mêmes disjoncteurs justifie cette comparaison. Enfin les Aulnes et les Bouleaux permettraient d'observer des phénomènes analogues.

Parmi les Discomycètes se trouve un groupe immense jouissant de la

(1) Woronine : *Ueber die Sclerotienkrankheit der Vaccinieen Beeren* (Mém. de l'Acad. impér. de Saint-Pétersbourg, 7e série, t. XXXVI, n° 6, lu le 28 avril 1888).

(2) L'auteur rappelle que M. Fayod a trouvé une forme conidienne d'une Pezize qu'il appelle *Monilia albo-lutea ;* en réalité, la forme conidienne observée par ce dernier est l'*Amblyosporium umbellatum*, elle est donc très différente du *Torula fructigena* observé par M. Woronine.

propriété de s'associer à des Algues pour former des Lichens. C'est du moins l'opinion soutenue par Schwendener, M. Bornet et un certain nombre de botanistes. Cette opinion devait être confirmée par le preuve expérimentale de la possibilité de la fructification de l'association, Algue et Champignon, pour donner un Lichen et par la culture isolée du Champignon.

La première démonstration a été donnée par M. Bonnier (1) qui poursuit depuis plusieurs années déjà l'étude de cette intéressante question. L'auteur a déjà indiqué comment il était arrivé à faire la synthèse complète des Lichens en semant des spores du Lichen et des Algues dans un flacon Pasteur stérilisé. Il restait à décrire les phénomènes auxquels on assiste en suivant jour par jour le développement du thalle. C'est ce qu'il a indiqué pour le *Physcia parietina*.

M. Mœller (2) a résolu l'autre partie de la question, il a cultivé le Champignon sans l'Algue. Il a pu arriver à reproduire le thalle d'un grand nombre de Lichens (Lecanorées, Pertusariées, Graphidées et Calyciées). Il a fait germer soit les ascospores, soit les stylospores des pycnides. Le plus souvent il n'a obtenu que le thalle qui se différenciait dans quelques cas en une couche corticale et une couche médullaire. Il est arrivé à reproduire les pycnides chez deux espèces le, *Calycium parietinum* et le *C. trachelinum;* mais il n'a jamais obtenu la formation des asques.

Une démonstration indirecte de l'opinion précédente peut être donnée par la découverte, pour de nouveaux groupes de Champignons, de la propriété de s'associer à des Algues. M. Massee a fait une remarque intéressante à ce point de vue en montrant que les *Emericella* et *Trichocoma* devaient être regardés comme des *Gasterolichens* (3).

Plusieurs autres mycologues se sont occupés des Discomycètes au point de vue systématique, M. Philipps (4) a décrit quelques espèces nouvelles appartenant aux genres *Mollisia*, *Lachnella*, *Ombrophila* et *Dermatea*. M. Wettstein (5) s'est occupé de l'*Helotium Willkommii*, qui produit des chancres sur les Conifères et a précisé les caractères qui l'isolent des espèces voisines. Les Ascobolées ont été l'objet des recherches de M. Boudier (6) et de M. Rolland (7); MM. Boudier et Patouillard ont découvert une Helvelle nouvelle (8).

Une note de M. Boudier a éclairci un point d'histoire relativement au

(1) G. Bonnier : Comptes rendus de l'Acad. des sciences (séance du 9 juillet 1888).

(2) Mœller : *Ueber die Cultur d. flechtenbildenden Ascomyceten ohne Algen* (Unters. aus dem Bot. Inst. der kœnig. Akad. zu Münster).

(3) Massee : *On Gasterolichenes; a new type of the groupe Lichenes* (Philosophical Transact. of the Royal Society of London, vol. 178, B, p. 305, 1 planche).

(4) Philipps : *New british Discomycetes* (Grevillea, n° 73, p. 93).

(5) Wettstein : *Ueber Helotium Willkommii und einige ihm nahe stehende Helotium Arten* (Bot. Centralbl., XXXI, n^{os} 9 et 10).

(6) Boudier : *Description de trois nouvelles espèces d'Ascobolés de France* (Sess. cryptog. des Soc. bot. et mycolog. de France, p. XLVIII, pl. II).

(7) Rolland : *Trois espèces nouvelles de Discomycètes* (Bull. de la Soc. mycolog. de France, t. IV, 2e fasc., p. 56, 1 planche en couleur).

(8) Boudier et Patouillard : *Helvella Barlæ* (Journ. de bot., n° 24).

genre *Pilacre*. Il a montré que ce nom devait être réservé à la plante qui a été décrite sous le nom de *Rœsleria hypogea*, c'est-à-dire à un Discomycète voisin des *Vibrissea*.

Plusieurs traités sur l'histoire et la classification des Champignons qui nous occupent ont paru cette année. Citons l'excellent petit ouvrage de M. PHILIPPS (1), manuel très pratique sur les Discomycètes anglais, avec 12 planches analytiques, et les Pezizacées de M. REHM (2) dans la flore d'Allemagne dont la publication avait été interrompue par la mort de Winter.

Dans le groupe des *Pyrénomycètes* nous avons surtout à relever cette année des descriptions soit de genres nouveaux dus à MM. SACCARDO (3) et BERLÈSE (4), soit d'espèces nouvelles ou critiques, par MM. RICHON (5) DANGEARD (6), MALBRANCHE (7), STARBÆCK (8) ; une des plus curieuses est celle que M. FISCHER (9) a rencontrée sur une Phalloïdée du Java rapportée par M. de Solms-Laubach, appartenant au genre *Dictyophora*. Le parasite s'observe au sommet de l'hôte encore à l'état d'œuf, il se développe avec lui et le couvre bientôt d'un mycélium finement ponctué par les périthèces de cette espèce nouvelle qu'il appelle *Hypocrea Solmsii*.

Les Champignons récoltés sur les rives de l'Orénoque ont permis à M. PATOUILLARD (10) d'observer un cas de polymorphisme très singulier. Les *Camillea* formés par une colonne carbonacée creusée à son sommet d'une cupule seraient identiques à l'*Hypoxylon melanaspis*, qui ne forme qu'un dôme très peu surélevé à la surface des morceaux de bois.

La consistance des Champignons du groupe actuel permet très aisément leur conservation en herbier; c'est ce même caractère qui explique la possibilité de leur fossilisation. M. ENGELHARDT (11) a décrit cette année un *Rosellinia* observé dans l'Oligocène en Saxe.

Les *Périsporiacées* dont nous avons à parler maintenant sont très propres à l'étude des premiers états des Ascomycètes, aussi est-ce dans ce groupe que M. de Bary avait rencontré les exemples les plus nets, selon lui, de

(1) Philipps : *A manual of the British Discomycetes*, in-4°, 46 pages, 12 pl. London.

(2) *Kryptog. Flora v. Deutschland*, fasc. 28, 29, 30.

(3) Saccardo : *Un nouveau genre de Pyrénomycètes sphériacés* (Rev. myc., X, p. 6). *Mycetes Malacenses*.

(4) Berlese : *Le nouveau genre Peltosphæria* (Rev. myc., X, n° 37). *Pleospora* (Nuovo Giornale bot. ital., XX, 1888, p. 1 à 176, 8 planches).

(5) Richon : *Nouvelles espèces récoltées pendant la session mycologique* (Bull. Soc. myc., IV, 1er fasc., p. LII).

(6) Dangeard : *Notes mycologiques* (Id., p. XXV).

(7) Malbranche : *Plantes rares ou litigieuses observées en Normandie* (id., p. XXXII).

(8) Starbæck : *Einige kritische Bemerkungen über Leptosphæria modesta* (Botaniska Notizer, 1888, p. 61. Botanischer Centralblatt, XXXV, p. 116).

(9) Fischer : *Hypocrea Solmsii n. sp.* (Ann. du jard. bot. de Buitenzorg, VI, p. 129 2 planches).

(10) Patouillard : *Le genre Camillea et ses alliés* (Journ. de bot., II, n° 4).

(11) Engelhardt : *Rosellinia congregata* (Abhandlungen der naturw. Gesells. Isis in Dresden, p. 33).

fécondation. M. Zukal (1) ne partage pas cette manière de voir et il montre, chez le *Penicillium crustaceum*, qu'on n'observe pas ce que Brefeld avait autrefois décrit.

Un Champignon du même genre a été étudié par M. Morini (2), qui a découvert la forme ascophore; on connaît donc maintenant l'évolution complète de trois espèces de *Penicillium* (*P. crustaceum* étudié par M. Brefeld, *P. aureum* par M. Van Tieghem et *P. candidum* par M. Morini).

Plusieurs espèces appartenant à ce groupe ont été décrites, quelques formes anciennement connues ont été précisées par MM. Patouillard (3), Harz (4), Tracy and Galloway (5).

Quant aux Tubéracées, elles ont été l'objet des travaux d'inégale valeur de MM. Max Rees et Fisch (6), Ferry de la Bellone (7) et Roumeguère (8). Celui de ces deux premiers auteurs résume de très nombreuses observations sur le mode de vie et le développement des *Elaphomyces*. Ces Champignons croissent sur les racines des Conifères sans que l'arbre en paraisse incommodé et forment des mycorhizes analogues à celles qui ont été décrites par Frank. L'évolution du fruit montre comment se forme le capillitium et comment la dissolution des asques donne à la plante l'aspect d'une Lycoperdacée. La germination des spores n'a pu être obtenue, ce fait paraît en rapport avec un avortement très fréquent des fruits; la grande majorité de ceux qui apparaissent s'atrophient; chez les autres quelques-uns forment des asques, un plus petit nombre des spores.

Le petit livre de vulgarisation de M. Ferry de la Bellone contient un grand nombre de renseignements utiles pour la récolte et la détermination des Truffes.

IV. — Basidiomycètes.

C'est surtout à l'occasion des Basidiomycètes que nous devons citer les travaux les plus nombreux et surtout les plus étendus. M. Brefeld (9) a pu publier cette année deux volumineux mémoires sur les Protobasidiomycètes et les Autobasidiomycètes grâce à la collaboration de MM. Istvanffy et Olsen. Les faits nouveaux consignés dans ces deux volumes sont nombreux et intéressants, aussi peut-on s'étonner de constater que les auteurs négligent non seulement des publications françaises, ce qui pourrait s'expliquer, mais des travaux allemands très bien faits comme celui de M. Schrœter. En comparant, en effet, le troisième fascicule de la flore

(1) Zukal : *Vorläufige Mittheilung über Entwickelungsgeschichte des Penicillium crustaceum* (Sitzunsgber. der kaiserlichen Akad. der Wiss. Wien, 1887).

(2) Morini : *Sulla forma ascophora del Penicillium candidum* (Malpighia, II, 147).

(3) Patouillard : *Fragments mycologiques* (Journ. de bot., II, p. 218). — *Sur quelques espèces du genre Meliole* (Rev. mycol., X, p. 134, 1 planche).

(4) Harz : *Oidium Fragariæ* (Sitzb. des bot. Ver. München).

(5) Tracy und Galloway : *Uncinula polychæta* (Bot. Gazette, XIII, 2 février 1888).

(6) Max Rees et Fisch : *Untersuchungen über Bau und Lebensgeschichte der Hirschtrüffel.*

(7) Ferry de la Bellone, *La Truffe*, 1 vol.

(8) Roumeguère : *Le Tuber æstivum* des environs de Senlis.

(9) Brefeld, Istvanffy et Olsen : *Protobasidiomyceten Autobasidiomyceten*, 2 vol.

de Silésie, publié en 1887 (1), au premier mémoire des trois auteurs publié en 1888, on constate que ces derniers paraissent n'en pas tenir compte. La structure du genre *Pilacrella* décrite par M. Schrœter est celle que M. Brefeld décrit chez le *Pilacre Faginea*, les *Platyglœa* de Schrœter sont les *Tachaphantium* de Brefeld; quant aux *Stypinellæ*, ce dernier auteur n'en parle pas. Les résultats obtenus par MM. Brefeld, Istvanffy et Olsen étaient assez intéressants pour qu'ils se montrassent équitables envers leurs devanciers; on leur doit la découverte d'une forme conidienne dans le genre qu'ils appellent à tort *Pilacre*, et l'histoire du développement complet de ce Champignon qu'ils ont pu cultiver jusqu'à sa forme parfaite; ils ont nettement montré,

Fig. 19. — A. *Pilacre faginea*: 1, port de la plante; 2 et 3, Basides. — B. *Exidia*, germination de la basiospore donnant des conidies arquées (d'après Brefeld, Istvanffy et Olsen).

comme M. Schrœter, que ses basides étaient cloisonnées et ses spores sessiles, et qu'ils étaient comparables à des Gastéromycètes hétérobasidiés (fig. 19, A, 1, 2, 3).

Le groupe des Trémellinées est également étudié d'une manière très approfondie dans le mémoire des savants de Munster; les *Exidia* y sont caractérisés par l'existence de formes conidiennes à spores arquées, ce qui a permis d'isoler les genres *Ulocolla* pour les espèces trémelloïdes ayant des conidies droites. On ne doit cependant pas oublier, à l'occasion de ces formes conidiennes, que leur découverte première a été faite par Tulasne. C'est Tulasne qui a observé le premier les arbuscules conidiens qui se forment dans les coupes gélatineuses du *Tremella Cerasi*, le seul perfectionnement dû aux savants allemands est la création d'un nom de genre; cette idée était déjà venue à l'esprit de M. Quélet et de M. Patouillard qui avaient appelé cette plante *Ombrophila*.

C'est bien, par contre, à MM. Brefeld, Istvanffy et Olsen que revient le mérite de la découverte de l'appareil conidien des *Sebacina*, formé d'un gros filament naissant entre les basides et terminé par un capitule de courts rameaux supportant chacun deux ou trois spores. Les basides cloisonnées longitudinalement autorisent sans aucun doute à classer cette plante parmi les Trémellinées, bien qu'elle soit coriace et non gélatineuse. La consistance trémelloïde n'est pas le caractère nécessaire des Trémellinées; la division longitudinale de la baside caractérise seule ce groupe, ce point a été très clairement mis en évidence par M. Brefeld; aussi ne s'explique-t-on pas

(1) Schrœter : *Kryptogamen Flora von Schlesien*, 3e livraison, p. 382.

comment il croit devoir rapprocher les *Tremellodon* des Hydnées. Tous ceux qui ont observé cette dernière plante, Winter, Schrœter, Patouillard, ont constaté que la baside était divisée : sa place est donc parmi les Trémellinées.

Le genre *Tremella* présente de grandes variations, tantôt les conidies apparaissent au milieu de la gelée qui les constitue seules d'abord, puis au milieu de basides (*T. mesenterica* et *lutescens*), tantôt les conidies n'apparaissent qu'à la germination de la basidiospore. Conidies et basidiospores, en germant dans un milieu nutritif, bourgeonnent à la manière des levûres. Ce bourgeonnement est donc un phénomène assez répandu dans le règne végétal, puisqu'on a décrit des formes-levûres chez les Ustilaginées, le *Cladosporium herbarum*, etc.

L'examen des genres *Gyrocephalus* et *Guepinia* nous permet de nous convaincre une fois de plus que tous les faits fondamentaux de l'histoire des Trémellinées ont été nettement vus par Tulasne, qui a seulement négligé de consacrer ses résultats en créant des genres. Il a eu tort, car quand un organe aussi fixe que la baside vient à varier, aucune de ses variations ne doit être négligée. Tulasne a très bien vu que le genre *Guepinia* contenait des espèces à basides divisées et d'autres à basides simples. M. Patouillard a tiré parti de cette observation qu'il avait pu vérifier en créant les deux genres *Guepinia* et *Guepiniopsis*. M. Brefeld a ignoré ce point d'histoire et il a appelé ces deux mêmes genres *Gyrocephalus* et *Guepinia*.

MM. Brefeld, Istvanffy et Olsen ont eu une idée excellente en rapprochant ce dernier genre des *Dacryomyces*, *Calocera* et *Dacryomitra;* dans ces quatre genres les basides ne sont pas cloisonnées et les stérigmates sont renflés. C'est aussi dans ce groupe que doit prendre place une plante qui avait été décrite par Tulasne improprement sous le nom de *Corticium incarnatum*, var. *pinicola*. Cette forme a eu la fortune singulière d'être étudiée cette année successivement par M. Schrœter, qui l'a appelée *Tulasnella* (1), par M. *Patouillard*, qui l'a désignée sous le nom de *Prototremella* (2) et par MM. Brefeld, Istranffy et Olsen, qui l'ont nommée *Pachysterigona* (3). Le nom de M. Schrœter devra être gardé comme étant le plus ancien.

La culture des Hyménomycètes ou Autobasidiomycètes a été l'objet d'un second mémoire très important de M. Brefeld (3) et de ses deux collaborateurs. L'emploi d'un milieu de nutrition nouveau dont les auteurs ont jusqu'ici tenu la composition secrète leur a permis d'arriver à des résultats d'un grand intérêt. Ils ont résolu d'abord la question si longtemps discutée des relations de l'*Asterophora* et du *Nyctalis;* le premier n'est pas un parasite, comme on l'a cru longtemps, qui se développe sur le chapeau ; il est formé par les chlamydospores du second. La culture des basidiospores reproduit presque immédiatement des chlamydospores comparables à l'*Asterophora* (fig. 20, A, 1). Ce résultat a d'ailleurs été confirmé par la reproduction complète du *Nyctalis* dans une culture (fig. 20, A, 2) en partant d'une basidiospore; le Champignon ainsi obtenu présentait à la surface de son

(1) Schrœter : *Flore de Silésie*, 4e fascicule.
(2) Patouillard : *Fragments mycologiques* (Journ. de bot., 16 août 1888).
(3) Brefeld, Istvanffy, Olsen, *Basidiomyceten*, *Autobasidiomyceten*, p. 7.

chapeau les chlamydospores précédentes. Il y a donc lieu de distinguer deux *Nyctalis* (*asterophora* et *parasitica*) qui diffèrent par la forme et la répartition des chlamydospores; dans une espèce (*N. asterophora*) les chlamydospores verruqueuses s'observent dans le chapeau, et dans l'autre (*N. parasitica*) ces organes lisses sont localisés dans les lames. Pendant la germination des spores précédentes, on voit le plus souvent apparaître, avant les chlamydospores, une forme conidiale rappelant les *Oidium*. C'est là un fait très général que les auteurs ont retrouvé dans un très grand nombre d'Agaricinées, de Polyporées et d'Hydnées. Ceci établit donc nettement que de nombreuses Mucédinées sont dues à des Basidiomycètes.

Cette opinion se trouve confirmée par la découverte d'une forme conidiale

Fig. 20. — A. *Nyctalis asterophora;* 1, germination de la basidiospore *bs* donnant naissance à des chlamydospores Asterophora *a* et aux conidies Oidium *o ;* 2, Nyctalis développé dans une culture artificielle. — B. *Polyporus annosus;* 1, culture de l'appareil conidien ; 2, tête fructifère grossie du précédent ; 3, fasciation de l'appareil conidien (d'après Brefeld, Istvanffy et Olsen).

très différenciée chez le *Polyporus annosus*, se composant d'une tige cloisonnée renflée en une tête qui se hérisse de spores sur toute sa surface (fig. 20, B, 1, 2) comme dans un *Œdocephalum*. Cette forme imparfaite peut rester à l'état simple ou s'agréger exactement comme les *Penicillium* s'agrègent en *Coremium* (fig. 20, B, 3). Cette découverte inattendue a conduit M. Brefeld à créer un nouveau genre de Polyporées caractérisé par l'état conidial précédent, le genre *Heterobasidion*. Un fait du même ordre l'a amené à créer le genre *Oligoporus* pour d'autres Polypores, découverts par M. Boudier, se présentant le plus souvent à l'état conidial et connus sous cet état comme *Ptychogaster*.

La création de ces noms nouveaux est peut-être prématurée, car l'histoire des formes conidiennes des Basidiomycètes est encore trop peu connue pour qu'elle puisse être utilisée judicieusement. M. de Seynes (1), qui a découvert des appareils semblables aux précédents, n'est pas tombé dans ce travers. Il a montré que les *Fibrillaria* et les *Ceriomyces* étaient des appareils conidiens du *Polyporus biennis*. Le polymorphisme des Champignons de ce

(1) De Seynes : *Ceriomyces et Fibrillaria* (Bull. de la Soc. bot. de France, 1888, p. 124). — *Recherches pour servir à l'histoire naturelle des végétaux inférieurs, II Polypores* (1 vol., 66 pages, 6 planches).

groupe est donc beaucoup plus grand qu'on ne le supposait. Le *Polyporus sulfureus*, en particulier, présente des conidies soit à l'intérieur de l'arbre sur lequel il pousse, soit dans les réceptacles basidifères, soit enfin à l'intérieur de conceptacles exclusivement conidifères.

A ces résultats viennent s'ajouter, pour les étendre encore, les observations de M. Morot (1) et de M. Le Breton (2), qui ont établi le premier l'identité du *Polyporus abietinus* et de l'*Irpex fusco-violaceus*; le second, les affinités du *Polyporus obducens* et du *Fomes connatus* qui sont deux états d'un même Champignon.

Ces variations si diverses nous conduisent à l'étude des anomalies. Quelquefois, ainsi que l'a vu M. Heckel (3), la partie supérieure du chapeau devient fertile et les tubes inclinés en touffes forment une surface tourmentée, tandis que la face inférieure normalement fructifère reste lisse (*Polyporus applanatus*). Dans un autre cas, d'après M. Martelli (4), l'appareil reproducteur s'atrophie et le pied se ramifie indéfiniment, de sorte qu'un Agaric peut prendre l'aspect d'une Clavaire. Enfin il y aurait à citer un grand nombre d'autres exemples qui ont été l'objet des recherches de M. Philipps (5) et de M. Eichelbaum (6).

L'étude des monstruosités n'est intéressante que par les explications qu'elle permet de donner de la vie normale, aussi revenons bien vite à cette dernière. M. Massee (7), dans une étude sur le genre *Calostoma*, a montré quelles sont ses véritables affinités. Il a établi que si le mode de déhiscence de ses fruits le rapproche des *Geaster*, leur déliquescence précoce montre sa parenté avec les Phalloïdées. Ce même auteur a continué cette année la révision des Gastéromycètes; l'examen des *Bovista* (8) l'a conduit à la création de quelques espèces nouvelles, et l'étude des *Artoceras* (9) l'a amené à créer un genre nouveau (*Matula*). Deux Champignons exotiques ont été rattachés à ce dernier genre *Artoceras*; l'un ressemble à un *Crucibulum*, l'autre à un *Corticium*. Cette dernière espèce a bien les caractères d'une Théléphorée, mais il n'en est pas de même de l'*A. poroniæforme*, qui se développe sous les écorces et présente à la maturité un grand nombre de loges; cette structure justifie la création d'un genre nouveau, type d'une famille nouvelle qui serait intermédiaire entre les Nidulariées et les Hyménogastrées.

Dans les Agaricinées, la classification ne pourra être établie sur un fonde-

(1) Morot : *Note sur l'identite spécifique du Polyporus abietinus et de l'Irpex fusco-violaceus* (Journ. de bot., II, p. 30).

(2) Le Breton : *Une variété de Polyporus obducens* (Bull. de la Soc. des amis des sc. nat. de Rouen, 1888.

(3) Heckel : *De la formation de deux hyméniums fertiles sur l'une et l'autre face du Polyporus applanatus* (Rev. myc., X, janvier 1888, p. 5).

(4) Martelli : *Nota sopra una forma singolare di Agaricus* (Nuovo Giornale bot. ital., nº 3, p. 345).

(5) Philipps : *Monstruosités dans les Champignons* (Rev. mycol., p. 79, 1 planche).

(6) Eichelbaum : *Einige interessante Bildungsabweichungen mehrerer Arten der Gattung Agaricus* (Sitzber. der Gesell. für Bot. zu Hamburg, III, p. 72).

(7) Massee : *Calostoma Des.* (*Mitremyces Nees*) (Ann. of Bot., 1888, p. 25).

(8) Massee : *Bovista* (Journal of Botany, XXVI).

(9) Massee : *On the type of a new order of Fungi* (Journal of the royal microscopical Society, 1888, p. 173).

ment vraiment scientifique que lorsque l'étude anatomique aura été faite pour la plupart des espèces (1). Des recherches longuement poursuivies dans cette direction ont déjà conduit M. Patouillard (2) à indiquer les affinités de quelques groupes. C'est ainsi qu'il est arrivé à constituer la section des Coprinidées caractérisée par des spores ayant un pore germinatif. Ce caractère se retrouve chez des espèces à spores blanches, ochracées, violacées et noires ; ce caractère lui a permis de détacher dans les Lépiotes quelques espèces à croissance rapide, à durée éphémère, pour en former le genre *Leucocoprinus*, genre tropical qui n'est représenté dans nos pays que par une espèce des serres, le *L. cœpestipes*.

Signalons enfin, en terminant l'étude des Basidiomycètes, la découverte d'espèces nouvelles faite par MM. Forquignon (3), Bernard (4), Patouillard (5), Boudier et Patouillard (6) et l'énumération des Agaricinées vénitiennes oubliée par M. Berlese (7).

V. — Urédinées et Ustilaginées.

Les analyses que nous venons de faire nous montrent que les efforts des mycologues se sont surtout portés cette année vers l'étude des Basidiomycètes. Les Urédinées et les Ustilaginées ont été l'objet de travaux peu nombreux. Bien des faits intéressants sont cependant encore à découvrir dans leur histoire, ainsi que vient de le montrer M. Klebahn (8) dans son étude sur les *Peridermium*. On a longtemps décrit deux variétés du *Peridermium Pini*, l'une qui se développe sur les feuilles, l'autre sur les tiges ; d'après Wolf, ces deux formes devaient être considérées comme appartenant au cycle de développement du *Coleosporium Senecionis*. M. Cornu pense, au contraire, que la forme *corticolum* est une espèce spéciale appartenant au *Cronartium asclepiadeum*. M. Klebahn est plus diviseur encore, une première étude des spores le conduisit à distinguer une troisième espèce se développant exclusivement sur le *Pinus Strobus*, le *Peridermium Strobi*, qui est caractérisé par des spores verruqueuses présentant une grande plage entièrement lisse. Ce résultat a été confirmé par l'expérience, car en semant les spores de cette dernière forme sur des *Ribes*, il a obtenu un *Cronartium ribicola*, qui représente les urédospores et les téleutospores ; le *Peridermium* correspond aux aecidiospores.

(1) Steinhaus *Hedwigia* a entrepris une pareille étude déjà tentée en France.

(2) Patouillard : *Quelques points de la classification des Agaricinées* (Journ. de bot., 2e année, p. 12).

(3) Forquignon : *Description d'une espèce nouvelle de Coprin* (Bull. Soc. myc., IV, 1er fasc., p. XXXI).

(4) Bernard : *Note sur une Lépiote nouvelle* (Bull. Soc. myc., IV, 1er fasc., p. LI).

(5) Patouillard : *Note sur une nouvelle espèce de Nevrophyllum* (Journ. de bot., II, p. 406).

(6) Boudier et Patouillard : *Note sur deux espèces nouvelles de Clavaires* (Journ. de bot., II, p. 406).

(7) Berlese : *Fungi veneti*.

(8) Klebahn : *Beobachtungen und Seitfragen über die Blasenroste* (Abhandlungen des naturwissensch. Vereins zu Bremen, X. p. 145). — *Weitere Beobachtungen über die Blasenroste* (Berichte der deutschen botanischen Gesellsch., 1888, XLV).

Dans un genre voisin, M. Kienitz-Gerloff (1) a mis en évidence deux sortes de spores qui avaient passé inaperçues jusqu'ici. On peut observer dans un *Gymnosporangium* des spores internes sans pédicelle à paroi mince et des spores externes à paroi épaisse et toujours pédicellée. Elles correspondent aux urédospores et aux téleutospores des Pucciniées.

Quelques espèces nouvelles ont été décrites par M. Lagerheim (2), et M. Farlow (3), mais ce sont surtout les travaux de révision du groupe qui doivent être notés. Ils sont dus à M. Toni (4), et à M. Dietel (5). La détermination des Urédinées européennes et surtout exotiques était rendue très difficile par l'existence d'une littérature vaste et compliquée. Ce dernier auteur s'est attaché à simplifier le travail des chercheurs en faisant le dénombrement de tous les parasites qui se trouvent sur un hôte. Les Euphorbiacées, par exemple, peuvent être attaquées par les espèces suivantes : 4 *Melampsora*, dont une espèce sous sa forme æcidiale, 8 *Uromyces*, 7 *Æcidium*, 4 *Uredo*, 1 *Puccinia*, 1 *Endophyllum*. Ce dénombrement met, en outre, en évidence un certain nombre de faits intéressants ; on peut ainsi constater que les Phragmidiées se trouvent exclusivement sur les Rosées, Potentillées, Rubées et Potériées, parmi les Rosacées, et que les *Gymnosporangium* n'attaquent que les Pomées. Les genres exotiques tels que *Ravenalia* sont cantonnés sur les Légumineuses, les *Hemileia* sur les Rubiacées, les *Pileolaria* sur les Anacardiacées.

Le même auteur a étudié (6) la parenté de quelques genres d'Urédinées et la variation des caractères dans les espèces. Les mésospores ou téleutospores unicellulaires de certaines Puccinies indiquent, pour les espèces qui en présentent, une position intermédiaire entre les *Puccinia* et les *Uromyces*. De même, la ramification des téleutospores de quelques *Phragmidium* marque une parenté avec les *Chrysomyxa*.

Quant aux Ustilaginées, leur étude a révélé quelques faits de castration parasitaire. On comprend sous cette dernière dénomination les modifications produites par un animal ou un végétal sur l'appareil générateur de l'hôte sur lequel il se développe en parasite. M. Roze (7) a constaté ainsi l'apparition de fleurs femelles dans les épis ordinairement mâles du *Carex præcox* par suite de la présence de l'*Ustilago Caricis* qui fructifie dans les utricules. M. Magnin (8) et M. Giard (9) ont montré inversement, pour le *Lychnis*

(1) Kienitz-Gerloff : *Die Gonidien von Gymnosporangium clavariæforme* (Bot. Zeitung, 1888, p. 388).

(2) Lagerheim : *Ueber eine neue grassbevohnende Puccinia* (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1888, p. 124).

(3) Farlow : *Æcidium on Juniperus Virginiana* (The botanical Gazette, XII, n° 9).

(4) Saccardo : *Sylloge fungorum*.

(5) Dietel : *Verzeichniss sammtlicher Uredineen nach Familien ihrer Nahrpflanzen geordnet*. Leipzig.

(6) Dietel : *Beiträge zur Morphologie und Biologie der Uredineen* (Bot. Centralb., XXXII, p. 54).

(7) Roze : *Ustilago Caricis, aux environs de Paris* (Bull. de la Soc. bot., 1888, p. 277).

(8) Magnin : Comptes rendus de l'Acad. des sciences, octobre 1888.

(9) Giard : *Sur la castration parasitaire du Lychnis dioica par l'Ustilago antherarum* (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 1888, n° 19).

dioica, que a castration était androgène, car la présence de l'*Ustilago antherarum* fait apparaître des étamines dans les fleurs normalement femelles.

VI. — Oomycètes.

M. de Bary (1) poursuivait depuis près de huit années des recherches patientes sur les *Saprolégniées*, son travail, trouvé à l'état de manuscrit après sa mort, a été publié par les soins de M. de Solms-Laubach. Plusieurs genres nouveaux sont créés dans cet opuscule : *Leptolegnia*, *Pythiopsis* et *Aplanes;* plusieurs autres sont étudiés avec détail : *Saprolegnia*, *Achlya*, *Aphanomyces Dictyuchus* et *Leptomitus*. Les *Leptolegnia* ont les caractères des *Saprolegnia*, ils s'en distinguent par la présence d'une seule oospore dans l'oogone. Le genre *Pythiopsis* possède des zoospores primaires à deux cils qui cessent de se mouvoir sans s'entourer de membrane et qui germent directement en zoospores secondaires ; ses zoosporanges sont en cymes. Le genre *Aplanes*, créé pour l'*Achlya Braunii*, ne présente pas de véritable zoosporange, les spores germent directement à l'intérieur du sporange.

Les *Entomophthorées* des États-Unis ont été l'objet d'une importante publication de M. Thaxter (2). Trois genres ont été déjà étudiés, *Empusa*, *Massospora* et *Basidiobolus*.

Ce dernier genre, découvert autrefois par Eidam sur les excréments de Grenouilles, serait, d'après M. Giard (3), identique à l'*Entomophthora Calliphoræ*, qui possède deux sortes d'hypnospores identiques à celles du *Basidiobolus*. La Grenouille avalerait un grand nombre de *Calliphora*, et ce fait expliquerait la présence de l'Entomophthorée dans les excréments de ce Batracien.

On doit au même auteur la description de plusieurs espèces nouvelles de Champignons du même groupe, en particulier la diagnose de deux espèces du genre *Metarhizium*. L'*Entomophthora Carpenteri* se développe sur les Taupins, qui restent collés aux feuilles de Graminées la tête en bas par des rhizoïdes qui émergent du point où le Coléoptère se plie quand il saute. L'auteur pense qu'il y aurait lieu de créer pour cette espèce un genre nouveau *Lophorhiza*. Le développement des Entomophthorées dans le corps des Insectes amène souvent des modifications dans l'appareil sexuel, tel est l'*E. arrectona* qui attaque les Tipules. Tous les individus tués par le parasite sont mâles. Ce fait peut être expliqué soit par une mort précoce des individus femelles, soit par une modification des caractères sexuels qu'on observe si fréquemment dans les cas de castration parasitaire.

M. Giard (4) a porté ses recherches également sur le groupe voisin des *Chytridinées*, dans lequel il a découvert un genre nouveau, *Nephromyces*, qui

(1) De Bary : *Species der Saprolegnieen* (Bot. Zeit., nos 38 à 41).
(2) Thaxter : *Entomophthoreæ of United States* (Proc. Bost. Soc. nat. hist., IV, p. 131-201, avec 8 planches).
(3) Giard : *Société de Biologie*, 24 nov. 1888. — *Fragments biologiques* (Bull. scient. de la France et de la Belgique, 5e série, 1888, p. 296).
(4) Giard : *Sur les Nephromyces, genre nouveau de Champignons parasites du rein des Molgulidées* (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 17 avril 1888).

se développe dans le rein des Molgulidées. Le mycélium non cloisonné est formé de filaments très délicats dont les extrémités libres sont terminées par des renflements sphéroïdaux ayant l'aspect de conidies. La même plante produit des zoosporanges de formes variées, quelquefois bifurqués, engendrant des zoospores à un cil qui apparaissent surtout pendant l'été ; pendant l'automne il se forme des zygospores qui germent au printemps.

Un autre genre nouveau de Chytridinées trouvé par M. Dangeard (1) se développe dans le *Zygogonium*, où sa présence produit un renflement localisé vers la partie médiane de la paroi des cellules. Le *Micromyces* se nourrit aux dépens de la masse chlorophyllienne et de corpuscules amylifères qui se placent dans ce renflement ; bientôt le parasite produit de longues épines sur toute sa surface et son protoplasma se divise en quatre parties qui sont autant de zoosporanges. Ce travail et les publications anciennes du même auteur se trouvent résumés dans un autre mémoire sur les Chytridinées dans lequel il décrit en outre *Olpidium Sphæriiæ*, *Chytridium Braunii*, *Zoophytarum*, *Brebisonii*, *simplex Elodeæ* et *Rhizidium catenatum*.

On doit à M. Zopf (2) une étude sur des Champignons voisins, le *Lagenidium pygmæum*, qui se développe à l'intérieur des grains de pollen de *Pinus Laricio*, le *Rhizophidium sphærotheca* sur les macrospores d'Isoetes, le *R. Cyclotellæ* et *Sciadii* sur les *Cyclotella* et *Sciadium*.

Signalons également deux espèces nouvelles de *Chytridium* décrites par M. Perroncito (3) et par M. Tomaschek (4), le *Ch. elegans*, qui se développe sur un Rotifère, et le *Ch. luxurians*, que l'on observe sur le pollen des Conifères.

M. Lagerheim (5) a aussi trouvé une nouvelle Chytridinée qu'il regarde comme le type d'un genre nouveau, *Olpidiella*, dont l'espèce unique décrite se développe dans les spores de l'*Uredo Airæ*. L'auteur a vu apparaître plusieurs zoosporanges qui par un seul col émettent leurs zoospores présentant un cil à l'extrémité postérieure ; c'est ce caractère qui permet de définir le nouveau genre. L'auteur a pu infester des Urédospores saines avec les zoospores du parasite précédent. Il termine son travail intéressant par un résumé des caractères des Olpidiacées, groupe des Chytridinées caractérisé par l'absence de mycélium et de reproduction sexuée. Ce groupe comprend les *Sphærita* dont la zoospore a un cil antérieur et dont le zoosporange éclate, *Olpidium* à zoospore avec un cil antérieur *Olpidiella* à cil postérieur ; dans les deux cas le zoosporange a un seul orifice tandis qu'il y en a deux dans les *Plæotrachelus* et *Ectrogella*.

M. Magnus (6) a observé sur le *Carum carvi* un Champignon qui attaque

(1) Dangeard : *Sur un nouveau genre de Chytridinées parasites des Algues* (Compt. rendus de l'Acad. des sciences, 2 juillet 1888. — *Mémoire sur les Chytridinées* (Le Botaniste). — *Notes mycologiques* (Sess. crypt. de Soc. bot., p. XXI).

(2) Zopf : *Ueber einige niedere Algenpilze* (Abhandl. der Naturforscher Gesellsch. zu Halle, XVII).

(3) Perroncito : *Centralblatt für Bakteriologie u. Parasitenkunde*, IV, 1888, p. 295.

(4) Tomaschek : *Botanisches Centralblatt*, XXXV, p. 221.

(5) Lagerheim : *Sur un genre nouveau de Chytridinées parasite des urédospores de certaines Urédinées* (Journ. de bot., II, nº 24, avec 1 planche).

(6) Magnus : *Das epidemische Auftreten einer Urophlyctis Art auf Carum Carvi* (Sitzungsber. der Gesellsch. naturforsch. Freunde, 19 juin 1888).

les cellules épidermiques et produit une sorte de galle; ce parasite est rapproché par l'auteur des *Urophlyctis* Schrœter, qui sont des Zygochytriacées. Mais jusqu'ici l'auteur n'a pas observé la formation des zoospores dans l'espèce nouvelle *Urophlyctis Kriegeriana*.

M. Vuillemin (1) a observé le *Cladochytrium tuberculorum* n. sp. dans les tubercules des Légumineuses.

VII. — CHAMPIGNONS IMPARFAITEMENT CONNUS.

Terminons en disant quelques mots des publications qui ont paru sur les Champignons imparfaitement connus. Leur étude, même quand elle ne donne que des résultats incomplets, ne doit pas être négligée, car elle fournira plus tard des matériaux très importants qui serviront à l'édification de la classification définitive des Champignons; aussi le livre de M. Costantin (2) sur les Mucédinées simples, en vulgarisant l'étude de ce groupe, pourra avoir une certaine utilité.

M. Eidam (3) a décrit une nouvelle espèce de *Coëmansia*, *C. spiralis*, assez voisine de l'espèce connue *C. reversa*. Les supports conidifères sont simples au lieu d'être ramifiés comme dans l'espèce précédente, droits à la base, puis enroulés en spirale. Les basides sont portées par un pédicelle horizontal portant perpendiculairement les cellules basidiales sur lesquelles s'insèrent les spores.

M. Kirchner (4) a observé dans l'huile d'œillette une végétation bourgeonnante rappelant le *Saccharomyces olei* décrit autrefois par M. Van Tieghem comme saponifiant l'huile. La plante observée par M. Kirchner ne se distingue de la précédente que quand elle se développe hors du liquide. On voit le contenu de la plupart des cellules devenir transparent, tandis que quelques-unes prennent au contraire un contenu dense et une membrane épaisse. Ces dernières remarques conduisent l'auteur à distinguer cette plante sous le nom d'*Elæomyces olei* qui présenterait peut-être des analogies avec les Ustilaginées et en particulier avec les *Urocystis*, chez lesquels chaque spore peut être enveloppée d'une couche de cellules incolores.

M. Eidam, il y a quelques années, a publié une étude sur le genre *Helicosporangium* découvert par M. Karsten (5). Ce dernier auteur proteste maintenant contre l'identification de sa plante et de celle de M. Eidam. La figure qu'il donne de ce Champignon paraît s'éloigner de celle due à ce dernier auteur. Les filaments fertiles s'enroulent en spirale, et la cellule fructifère reste nue chez l'*Helicosporangium;* cette cellule produit des spores qui après leur mise en liberté sont bicellulaires; cette plante, parasite sur la Carotte, n'offre pas de système conidien. Les deux formes sont donc diffé-

(1) Vuillemin : *loc. cit.*

(2) Costantin : *Les Mucédinées simples*, 1 vol. avec 195 figures.

(3) Eidam : *Cœmansia spinalis n. sp. ein neuer Schimmelpilze* (Jahresbericht der schlesischen Gesellsch. für Vaterl. Cult., 1887, p. 262).

(4) Kirchner : *Ueber einen in Mohnöl lebenden Pilz* (Ber. der deutsch. bot. Gesells., 1888, Generalvers., CI).

(5) Karsten : *Bary's Zweifelhafte Ascomyceten* (Hedwigia, 1888, p. 132).]

rentes ; aussi M. Karsten propose-t-il un nouveau nom pour la plante de M. Eidam que M. de Bary avait rangée dans les Ascomycètes douteux. Voulant rappeler les noms des deux auteurs qui s'en sont occupés, M. Karsten propose le nom de *Baryeidamia* pour cette dernière. Le *Baryeidamia* et l'*Helicosporangium* apartiennent d'ailleurs, selon l'auteur, à des familles distinctes ; le premier serait voisin des *Urocystis* et des *Sorosporium*, le second intermédiaire entre les Mucorinées et les Érysiphées.

De Bary avait également cru devoir placer à la fin des Ascomycètes le genre *Laboulbenia*. M. Karsten pense que cette plante, qui doit garder le nom de *Stigmatomyces*, doit être regardée comme le type d'une famille spéciale.

Quelques-uns de ces Champignons mal connus méritent d'être rapprochés des Ustilaginées, tels sont les *Schinzia* ou *Entorrhiza;* ils ont été cette année l'objet des travaux de M. Magnus (1) et de M. Lagerheim (2), qui ont décrit trois espèces nouvelles se développant sur les racines des Joncs.

On avait autrefois décrit sous ce même nom de *Schinzia* certains contenus des cellules qui s'observent dans les renflements tuberculeux des racines des Aulnes et des Éléagnacées. M. Frank (3) n'a trouvé dans ces tubercules que deux substances, l'une comparable à une éponge, l'autre remplissant les cavités de la première. Il n'a pas observé de formation étrangère.

L'origine d'autres tubercules est également très discutée. M. Beyerinck (4) les regarde comme dus à une Bactérie du sol qu'il appelle *Bacillus radicicola*. Cette Bactérie se retrouverait dans le méristème du tubercule, mais elle perdrait son pouvoir germinatif dans ces conditions nouvelles de vie. On pourrait cependant, en dehors des points où la métamorphose est trop grande, isoler une Bactérie qui cultivée se ramifierait en Y exactement comme les corps bactérioïdes du meristème. C'est cette remarque qui a amené l'auteur à faire l'hypothèse que nous avons énoncée plus haut.

Les conditions dans lesquelles se développent les Mucédinées déterminent souvent des modifications plus ou moins profondes dans leur structure. M. Dufour (5) a démontré qu'à côté de la fructification normale du *Trichocladium asperum* à spores brunes, verruqueuses et bicellulaires, on pouvait obtenir des spores unicellulaires, jaunes et lisses quand la plante se développait dans le glucose ou le sucre candi. La germination s'observe avec les deux sortes de spores et dans les deux cas le mycélium est d'abord sans cloison, fait intéressant qui paraît devoir éloigner cette plante aussi bien des Ascomycètes que des Basidiomycètes.

M. Laurent (6) a observé un polymorphisme plus grand encore chez le *Cladosporium herbarum*, car cette plante serait capable de se présenter sous

(1) Magnus : *Ueber einige Arten der Gattung Schinzia* (Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., VI, p. 100).

(2) Lagerheim : *eine neue Entorrhiza* (Hedwigia, p. 261).

(3) Frank : *Sind die Wurzelanschwellungen den Erlen und Elæagnaceen Pilzgallen?* (Ber. der deutsch. bot. Gesells., V, 2.)

(4) Beyerinck : *Die Bacterien der Papilionaceen-knœllchen* (Bot. Zeit., nº 46 à 52).

(5) Dufour : *Fructification du Trichocladium asperum* (Bull. Soc. bot., 1888, p. 139)

(6) Laurent : *Recherches sur le polymorphisme du Cladosporium herbarum* (Annales de l'Institut Pasteur, nos 10 et 11).

l'état de *Penicillium cladosporioides, Dematium pullulans*, de *Fumago* et sous deux états de levure, levure rose et levure blanche.

Un polymorphisme a été également observé par M. COSTANTIN (1) chez un *Diplocladium* qui peut produire dans les cultures soit sur gélose, soit sur pomme de terre, la forme précédente et des sclérotes bulbiformes.

Les formes imparfaites dont nous parlons en ce moment se développent donc avec grande facilité sur les milieux les plus divers. Aussi n'y a-t-il pas lieu de s'étonner d'apprendre que M. BRUNCHORST (2) ait observé sur les morues salées le *Torula pulvinata* en si grande abondance que son développement est un véritable fléau pour les industriels qui exploitent ces poissons.

M. WASSERZUG (3) a décrit les variations de l'appareil reproducteur d'un *Fusoma* qui peut présenter des spores arquées à plusieurs cloisons parallèles ou des chlamydospores uni ou bicellulaires à membrane épaissie.

Signalons en terminant la description de plusieurs formes nouvelles par MM. PATOUILLARD (4), COSTANTIN et ROLLAND (5) et GROVE (6) et COSTANTIN (7).

Les Mucédinées ne restent pas toujours simples ; elles jouissent de la propriété de s'agréger en fascicules complexes. M. DE SEYNES (8) a pu en observer un de ces cas pour une Moisissure rattachée par lui aux *Sporochisma*, le *S. paradoxum* qui possède également deux sortes de conidies. M. GASPARINI (9) a étudié de pareils cas de fasciation, il a trouvé qu'ils se retrouvaient dans les *Verticillium, Aspergillus*. M. COSTANTIN (10) a décrit pour une plante qu'il appelle *Synpenicillium album* les diverses phases de la fasciation. Il y aurait lieu, selon lui, de modifier la nomenclature mycologique en tenant compte des faits précédents.

Le développement d'une Mucédinée agrégée révèle quelquefois à l'origine l'existence d'un état simple ayant jusqu'ici échappé; un pareil cas a été observé par MM. COSTANTIN et ROLLAND (11) pour le *Stysanus Stemonitis;* le premier état du Champignon est une sorte de *Penicillium* dont les spores sont agrégées à l'extrémité en faux capitules. J. COSTANTIN.

(1) Costantin : *Note sur un Diplocladium* (Bull. de la Soc. bot., 1888).

(2) Brunchorst : *Om klipfiskens Mugsop* (Norsk Fiskeritidende, 1888, p. 65).

(3) Wasserzug : *Recherches sur un Hyphomycète* (Bull. Soc. bot., 1888).

(4) Patouillard : *Note sur une Tuberculacée graminicole* (Sess. crypt. de la Soc. bot. et mycol., XXXIX, avec 1 figure).

(5) Costantin et Rolland : *Sur un Hormodendron* (Bull. Soc. bot., 1888, p. 296).

(6) Grove : *Pimmia, novum Hyphomycetum* (Journ. of Botany, XXVI, juillet 1888).

(7) Costantin : *Note sur un Papulaspora* (Journ. de bot., II, n° 6, avec 1 planche).

(8) De Seynes : *La moisissure de l'Ananas* (Sess. crypt. des Soc. bot. et mycol., p. XXVI).

(9) Gasparini : *Atti Soc. Tosc. sc. nat.*, VI, p. 20-26.

(10) Costantin : *Observation sur la fasciation des Mucédinées* (Bull. Soc. bot. mycol., IV, 2e fasc., p. 63).

(11) Costantin et Rolland : *Sur le développement d'un Stysanus* (Bull. Soc. bot. 1888, p. 296).

LES INFLORESCENCES

DES PALMIERS FOSSILES

Par M. le Marquis de SAPORTA

La fréquence des frondes et même des tiges de Palmiers, à l'état fossile, dans les étages inférieurs ou inférieurs-moyens du tertiaire d'Europe, prouve que ces plantes, reléguées maintenant au sud de notre continent, l'ont très longtemps habité. L'éocène de la côte méridionale d'Angleterre a fourni à M. Gardner de nombreux vestiges de Palmiers et, en Allemagne, ces mêmes vestiges ont été observés bien au delà du cinquantième degré. En Italie, en France, en Suisse, les traces multipliées des Palmiers tertiaires ont permis de signaler approximativement les genres *Sabal*, *Latania*, *Chamærops*, *Phœnix*, *Calamus*, etc., comme ayant fait partie de la flore de ces régions avant que le refroidissement du climat soit venu les en exclure définitivement. Mais, à côté de cette abondance relative, la pénurie, on pourrait dire l'absence presque complète, à l'état fossile, des appareils reproducteurs offre un contraste qui a souvent frappé les observateurs. M. Schimper, dans son traité de *Paléontologie végétale* (1), avoue que « notre connaissance des organes floraux des Palmiers fossiles se réduit à quelques conjectures. » En laissant de côté les fruits que je n'ai pas en vue et dont M. A. Brongniart s'étonnait

(1) Tome II, p. 486.

en 1849 de n'avoir pas encore rencontré des vestiges dans le terrain tertiaire (1), le défaut des spadices s'explique assez naturellement par l'extrême ténacité de ces sortes d'appareils. Non seulement ils ne sont pas caducs après l'anthèse ; mais ils persistent des années attachés aux stipes, jusqu'à ce qu'ils se détruisent à force de vétusté. On conçoit que cette destruction lentement opérée, par le dessèchement des ramuscules et la chute accidentelle des portions brisées des régimes et des rachis dépouillés préalablement de fleurs ou de fruits, n'ait permis que dans des cas exceptionnellement rares la conservation de quelqu'un de ces organes, entier et reconnaissable.

C'est là pourtant ce qui est arrivé au moins une fois, et, en 1878, j'ai publié dans mon *Essai descriptif des plantes fossiles de Brives* (2), sous le nom de *Palæophœnix Aymardi*, la fronde presque entière d'un type proche allié des *Phœnix*, accompagnée d'un régime à peu près intact, accidentellement placé contre cette fronde.

Le spadice, par ses caractères visibles, diffère très peu de ceux de certains *Phœnix* vivants, particulièrement de ceux du *Ph. canariensis* des horticulteurs ; il affecte la forme d'une palette, c'est-à-dire qu'il s'élargit vers le sommet, en donnant lieu à une dilatation en éventail, couronnée le long de son bord supérieur d'une multitude de ramuscules tortiles, simples et égaux entre eux, encore munis de résidus de fleurs, probablement mâles. C'est là une découverte due sans doute à un accident fortuit, qui aura entraîné de compagnie, au fond des mêmes eaux, la feuille et le spadice détachés d'un pied de Palmier, qui croissait à portée du point où les deux organes furent ensevelis et fossilisés.

Mais si les spadices n'ont dû presque jamais venir jusqu'à nous dans leur intégrité, et si par suite de cette circonstance un puissant moyen de détermination des anciens Palmiers nous a été refusé, il n'en a pas été ainsi, le bon sens l'indique, des fragments détachés de ces spadices : brindilles, rameaux épars

(1) *Tableau des genres de vég. foss.*, p. 90.
(2) P. 25, pl. I.

et ramuscules, qui nécessairement, après être tombés sur le sol, ont été entraînés par le vent ou les eaux courantes et ont finalement partagé le sort des feuilles et des débris de toute nature dont l'empreinte est restée au fond des lacs de l'époque (1).

Les débris de spadices ne pouvaient donc être absents des anciens dépôts : mais il fallait encore savoir les distinguer, et là était la difficulté. De faibles parties ou des ramuscules épars couraient le risque d'être rejetés parmi ces organes indéterminables que présentent en foule la plupart des gisements, ou encore de devenir l'objet de quelque fausse attribution générique. De ces deux hypothèses ce fut la seconde qui par le fait se réalisa.

En 1853, dans un mémoire sur la flore tertiaire de Hæring en Tyrol (2), M. d'Ettingshausen signala la présence, parmi d'autres genres et formes actuellement propres à la Nouvelle-Hollande, de trois espèces de *Leptomeria* sous les noms de *Leptomeria gracilis*, *flexuosa* et *distans*. Ces espèces étaient établies d'après des ramuscules épars ou plus ou moins réunis en touffes ramifiées et diversement étalés, tantôt divariqués-flexueux (*Leptomeria flexuosa* Ett.), tantôt grêles et allongés, toujours dépouillés de feuilles ou d'autres organes appendiculaires, mais présentant la trace visible de petits coussinets ou points d'insertion alternes, offrant l'aspect soit d'une très petite écaille, soit d'une base saillante, ayant servi de support à quelque organe tombé.

Il existait effectivement une assez grande analogie d'aspect entre ces débris fossiles et les rameaux des *Leptomeria*, genre de Santalacées d'Australie qui représente sur ce continent les *Osyris* de l'Europe méridionale. Les *Leptomeria* sont de petits

(1) Les feuilles de palmiers, il n'est pas inutile de le remarquer, sont aussi tenaces et aussi persistantes que les inflorescences, mais leur conservation a été facilitée par la rupture des pétioles en ce qui concerne du moins les types *flabellés*. Ceux-ci effectivement, *Flabellaria* et *Sabal*, sont plus répandus à l'état fossile que les types *pinnés* ou *phénicoïdes*, et la rareté relative de ces derniers doit tenir à la moindre facilité qu'ont leurs frondes de se détacher des tiges.

(2) *Die tert. Fl. von Hæring in Tirol*, von Constantin v. Ettingshausen ; aus den *Abhandl. der k.k. geolog. Reichanstalt*, II Band, 3 Abtheil., n° 2; Wien, 1854. — Cette flore doit être rangée sur l'horizon de l'oligocène ou tongrien inférieur.

arbustes subdivisés en une foule de ramifications ascendantes et offrant cette particularité de n'avoir que des feuilles très réduites promptement caduques, ou seulement des écailles au lieu de feuilles.

M. d'Ettingshausen croyait même avoir observé, sur quelques-uns de ces rameaux, des fruits encore en place et dont la structure lui paraissait de nature à confirmer l'attribution proposée. Basée sur une similitude au moins apparente, cette attribution se trouvait encore en parfait rapport avec la présence supposée, alors admise comme indubitable, d'une foule de types aujourd'hui exclusivement australiens au sein de l'Europe éocène. « La surprenante analogie de la flore de Hæring avec celle de la Nouvelle-Hollande, analogie appuyée sur des cas nombreux et se manifestant par les rapprochements les plus variés, ne pouvait être l'effet du hasard », selon l'expression du savant autrichien. Il n'hésitait pas à signaler l'existence à Hæring d'un *Casuarina*, de quinze Protéacées des genres *Persoonia*, *Embothrium*, *Hakea*, *Lomatia*, *Banksia*, *Dryandra*, de deux *Monimia*, de plusieurs *Santalum*, *Callistemophyllum*, *Eucalyptus*, *Metrosideros*, etc.; et il concluait de ces données acceptées comme définitives que le caractère de la végétation primitive de Hæring concordait presque complètement avec celui de la végétation néo-hollandaise, et enfin que « l'assiette et les conditions climatériques de la région continentale habitée par cette flore fossile devaient être conformes à ce qui existe à ces deux égards sur le sol de la Nouvelle-Hollande actuelle. »

Les conclusions d'Ettingshausen, si décisives en apparence, trompeuses pourtant, comme je le montrerai bientôt, reçurent un peu plus tard la sanction du professeur Unger, qui les adopta en les généralisant dans une brochure publiée à Vienne, en 1861, sous le titre de *La Nouvelle-Hollande en Europe* (1). Ce travail montre à quel point l'illusion scientifique peut séduire et entraîner les meilleurs esprits. Unger ne met pas un instant en doute

(1) *Neu-Holland in Europa, ein Vortrag, gehalten im Ständehause im Winter der Jahres* 1861, von Dr F. Unger, Professor an der Hochschule in Wien; 1861, Wilhelm Braumüller.

la présence et même la prépondérance en Europe, lors de l'éocène, d'une longue série de types végétaux exclusivement australiens, tels que les *Araucaria*, *Casuarina*, *Epacris*, *Monimia*, *Leptomeria*, *Eucalyptus*, et avec eux des Santalacées, Protéacées, Antholobées. Parmi les Protéacées il énumère des *Banksia*, *Dryandra*, *Grevillea*, *Persoonia*, *Embothrium*, etc. Ces divers genres lui paraissent déterminés avec certitude, et il s'efforce, non pas d'établir la légitimité des attributions, mais d'expliquer comment des genres actuellemment confinés dans le continent australien ont pu se donner autrefois rendez-vous sur le sol de l'Europe et y former une association aussi nettement caractérisée, combinée dans les mêmes proportions qu'aujourd'hui à l'intérieur de la Nouvelle-Hollande, par delà l'équateur et au sud du tropique du Capricorne.

Unger suppose d'anciennes connexions continentales qui auraient permis aux plantes d'Australie de s'avancer à travers l'Asie et d'arriver jusqu'en Europe, accompagnées d'un cortège de formes asiatiques, tandis que plus tard, vers le début du miocène, à la faveur de l'Atlantide, les espèces américaines, suivant une autre route, seraient venues en Europe par la direction de l'ouest, de même que les précédentes l'avaient fait par l'est ou par le sud. Notre continent aurait ainsi emprunté les éléments de son ancienne flore à trois centres de création distincts qui, dans leur expansion, auraient successivement envoyé des colonies jusqu'à lui, de manière à y constituer un ensemble des plus complexes, par leur association avec les types entièrement indigènes et spontanés.

Il y avait quelque chose de spécieux et même de plausible dans cet enchaînement d'hypothèses ; mais tout le système dépendait de la donnée première et celle-ci était basée sur l'ancienne existence, en Europe, de genres australiens caractéristiques. C'était, on peut le dire, l'histoire de la dent d'or, et il est curieux de constater la destinée de ces attributions, adoptées à l'origine avec une sorte d'engouement, vouées cependant à une disparition plus ou moins prochaine. En les reprenant une à une, on voit en effet l'*Araucaria Sternbergii* Gœpp., nommé ensuite

Sequoia par Heer, devenir plus tard le type d'un nouveau genre *Doliostrobus*, proposé par M. le professeur Marion et servant de lien entre les *Dammara* par le strobile et les *Araucaria* du type *excelsa* par les rameaux.

Le *Casuarina Haidingeri* Ett. doit être vraisemblablement rapporté à mon nouveau genre *Philibertia*, dont il a été recueilli à Aix des ramules et des strobiles quadrivalves, et qui s'intercale aisément entre les *Callitris* africains et les *Frenela* d'Australie. — Aucune des nombreuses Protéacées signalées dans l'éocène ou tongrien d'Europe ne s'est trouvée légitimement établie : les *Persoonia*, *Grevillea*, *Hakea*, ne reposaient que sur de vagues rapprochements.

Les graines ailées, assimilées à celles des *Embtohrium*, ont été dernièrement reconnues pour ressembler plutôt à celles des Cédrélées. Les *Banksia* prétendus sont en réalité des *Myrica*, et leurs feuilles ne présentent pas même la troncature caractéristique du sommet qui permet de distinguer au premier coup d'œil celles des *Banksia* d'Australie. Les *Lomatites* de la flore d'Aix, qui, par leur conformité avec les *Lomatia linearis* et *longifolia* R. Br., offraient des garanties spéciales de détermination, ont été rejoints par moi, d'après des indices morphologiques qui ne sauraient tromper, à un type de Composées frutescentes indigène des pays chauds, celui des *Baccharis*. Enfin, les *Dryandra* présumés, et par-dessus tout le *Dryandra Brongnartii* Ett., se trouvent avoir été de véritables *Comptonia*, ainsi que l'a démontré un échantillon d'Armissan accompagné des organes de la fructification, qui fait partie de la collection du Muséum de Paris.

En poursuivant cet examen on reconnaît encore que les *Epacris*, *Callistemophyllum* et *Metrosideros* de Radoboj ou de Hæring n'ont été rattachés aux formes australiennes correspondantes que sur des indices très peu concluants. D'autre part, les *Eucalyptus* de ce même gisement de Hæring, *Eucalyptus oceanica* Ung. et *hæringiana* Ett., sont basés sur une erreur manifeste, puisqu'il est aisé de s'assurer, en consultant les figures (1).

(1) *Fl. v. Hæring*, pl. XXVIII, fig. 14-19 et fig. 22-25.

que les organes représentés comme des fruits d'*Eucalyptus* sont en réalité des coussinets foliaires de Nymphéacées, tels qu'il en existe dans la plupart des gisements du même âge, ou encore (1), ce qui n'a rien de surprenant, des écailles de strobile du *Doliostrobus Sternbergii* dont les empreintes de rameaux sont fréquentes dans les mêmes lits. Je ne veux pas dire par là qu'il n'y ait jamais eu d'*Eucalyptus* en Europe, à aucune époque; mais seulement que les espèces tertiaires attribuées à ce genre l'ont été sur des preuves insuffisantes. Si le genre australien des *Eucalyptus* a autrefois habité l'Europe, ce serait dans un âge plus reculé et les exemples empruntés à la craie de Bohême ou à celle de Portugal seraient de nature à entraîner la conviction bien plus que ceux du tertiaire qui restent entachés d'incertitude et même d'invraisemblance.

Ainsi, l'édifice hâtivement construit avec des éléments arbitrairement choisis s'est écroulé, presque totalement, et les hypothèses de Unger n'ont plus aucune raison d'être, puisqu'elles avaient pour but l'explication d'un phénomène dont l'existence même se trouve démentie. Dans ces conditions, il n'y a pas lieu d'être surpris que les *Leptomeria* tertiaires, après tant d'autres types, aient à changer de signification. Frappé de cette difficulté d'admettre une attribution par elle-même invraisemblable, j'avais d'abord songé à considérer les *Leptomeria*, assez répandus à Aix ainsi que dans plusieurs autres localités provençales (Saint-Zacharie, Saint-Jean-de-Garguier, Manosque), comme se rapportant à des ramules d'*Osyris* dépouillés de leurs feuilles. Mais je fus bientôt frappé par l'observation des parties de rachis, épais à la base, souvent associées, dans le gisement d'Aix, aux brindilles et ramuscules épars, et je remarquai que la dimension comme aussi l'aspect de ces rachis s'accordaient peu avec l'idée d'un arbuscule aux subdivisions grêles et ascendantes, tels que le sont les *Thesium*, *Osyris* et *Leptomeria*.

L'impression décisive provint de la découverte dans les plaques aquitaniennes de Manosque de deux échantillons (pl. 11,

(1) *Ibid.*, pl. XXVIII, fig. 19, 20.

fig. 1 et 12, fig. 1), aux ramules étalés ou divariqués et que j'ai soin de reproduire ici. Il était difficile de reconnaître une Santalacée aphylle dans ces rameaux paniculés dont les ramuscules présentent évidemment tous les caractères visibles du *Leptomeria gracilis* Ettingsh. La pensée que j'avais sous les yeux des fragments plus ou moins étendus d'inflorescences de Palmiers m'entra dans l'esprit d'autant plus naturellement qu'on venait de recueillir dans les mêmes lits les frondes de deux espèces de Palmiers, l'une déjà connue, *Sabal major* Ung., l'autre encore inédite, *Phœnix* Sp., voisine de *Ph. sylvestris* Roxb. Pour mieux faire, j'eus recours à l'expérience et au coup d'œil sagace d'un de mes confrères, M. Franchet, attaché à l'herbier du Muséum de Paris, et je soumis à son examen les deux échantillons de Manosque, dans lesquels il n'hésita pas, non seulement à reconnaître des inflorescences de Palmier, mais encore à signaler la vraisemblance d'un rapprochement avec les organes correspondants des *Sabal* vivants.

A mes yeux, dès lors, la question se trouvait résolue et les prétendus *Leptomeria* de l'éocène supérieur, du tongrien et de l'aquitanien, c'est-à-dire provenant des étages tertiaires les plus riches en Palmiers, n'étaient autres que des débris plus ou moins complets ou fragments détachés des inflorescences mâle ou femelle de ces végétaux, inflorescences naturellement dépouillées de résidus floraux ou de fruits. Cette dernière circonstance tient non seulement à la persistance des organes vieillis et desséchés au moment de leur chute; mais encore aux effets du transport accompagné de frottement, à la faveur duquel ces organes furent entraînés et ensevelis, puis fossilisés. Ce que l'on distingue en examinant de près ces *Palæorachis* (c'est le nom que je propose d'appliquer aux *Leptomeria* d'Ettingshausen), ce sont des coussinets pédonculaires, décurrents, offrant plus ou moins de saillie et montrant à leur sommet la cicatrice, parfois très nette, des organes tombés, soit fleurs, soit fruits, selon que le sexe des appareils que l'on a sous les yeux était mâle ou femelle, et conformément à ce qui existe chez les Palmiers vivants. — Cette différence des sexes, dans les appareils tertiaires, m'a paru

difficile à préciser, sinon d'une façon conjecturale et en tenant compte de cette observation que les pédoncules des spadices femelles ou régimes sont plus saillants et terminés par une cicatrice discoïde plus large que ne le sont les coussinets pédonculaires des appareils mâles.

Ceux-ci se trouvent naturellement moins saillants et moins épais, puisqu'ils ont dû servir de supports à de simples fleurs promptement détachées. Il y a là une distinction assez peu prononcée, qui néanmoins mérite d'être indiquée et des deux inflorescences de Manosque, l'une, dans notre pensée (pl. 12, fig. 1), se rapporterait plutôt à un appareil mâle ; l'autre (pl. 11, fig. 1) dénoterait par contre un spadice femelle. Mais ce sont là des assertions conjecturales et non pas des affirmations.

Une fois que l'on considère les *Palæorachis* ou anciens *Leptomeria* comme représentant des inflorescences de Palmiers, il est naturel de rechercher le parti que l'on peut tirer de leur étude, en vue d'une détermination plus précise des anciennes espèces soit comme éléments de contrôle de l'attribution générique de celles-ci, soit pour aider à la définition plus précise de l'analogie des formes de Palmiers fossiles vis-à-vis de celles qui leur correspondent dans l'ordre actuel. Certains genres du tertiaire européen, tel que celui des *Sabal*, se trouvent confinés de nos jours en Amérique, et d'autres, tels que les *Flabellaria*, n'ont été encore définis que très imparfaitement, en sorte que l'on ignore leurs véritables affinités.

Nul doute qu'une pareille étude ne soit de nature à être poursuivie et destinée à d'importants résultats, à mesure que les découvertes se multiplieront et que l'attention se trouvera excitée à ne pas négliger des échantillons dont la signification et la portée auront été établies. — Pour le moment, les seuls points sur lesquels il me soit permis de jeter un peu de lumière, d'après les documents dont je dispose, sont justement relatifs aux deux types relatés plus haut, et ils concernent, d'une part, le *Flabellaria Lamanonis* des gypses d'Aix ; et, de l'autre, le *Sabal major* Ung., c'est-à-dire deux Palmiers tertiaires dont les frondes ont été souvent décrites et figurées; mais dont les par-

ties de la floraison étaient par contre inconnues jusqu'à présent.

J'ai signalé, il y a longtemps, et figuré en 1872, dans la *Révision de la Flore de gypses d'Aix* (1), un échantillon de *Leptomeria flexuosa* Ett. (*Palæorachis flexuosa* Sap.), que je reproduis ici de nouveau (pl. 11, fig. 2), pour l'intelligence de ce qui suit. Cet échantillon sur plaque schisteuse à feuillets minces faisait partie, quand je le dessinai pour la première fois, de la collection du musée de Marseille; il n'a plus été retrouvé depuis, mais sa provenance et son authenticité ne font pas question. Il était extrait des mêmes lits intercalés dans les gypses exploités qui constituent le gisement principal du *Flabellaria Lamanonis* et peut sans invraisemblance être considéré comme représentant l'inflorescence de cette dernière espèce.

On sait que, par les feuilles, le *Flabellaria Lamanonis* semble tenir le milieu, si l'on considère la forme et la disposition des segments flabellés et uniformément insérés sur la terminaison anguleuse du sommet du pétiole, ce dernier étant parfaitement inerme, entre les *Trachycarpus* ou anciens *Chamærops* asiatiques et les *Thrinax* américains. Les frondes fossilles ressemblent particulièrement à celles du *Trachycarpus Martiana* Wendl. (*Chamærops Martiana* Wall.), des hautes vallées de l'Inde; elles se distinguent surtout par le pétiole inerme et l'absence de côte médiane prononcée sur le milieu des segments ou partitions du limbe. L'attribution de l'espèce à un type générique disparu a toujours paru vraisemblable. Cette opinion est celle qui semble destinée à prévaloir effectivement, si l'on admet que le *Palæorachis flexuosa*, dont je donne une exacte reproduction, d'après le dessin original, réponde à l'inflorescence de cette espèce.

On distingue dans cette empreinte (pl. 11, fig. 2) une branche mère ou axe soit partiel, soit principal, d'un spadice aux ramifications latérales, subascendantes ou étalées, donnant lieu à de nombreuses subdivisions de deuxième et de troisième ordre, plus ou moins flexueuses et divariquées. L'axe principal

(1) *Révis.*, p 144, pl. IX, fig. 1; *Ann. sc. nat.*, Bot., 2e série, t. XVIII, p. 46.

est remarquablement mince; allongé dans le sens vertical, il est tronqué aux deux extrémités par les bords de la plaque et nous n'en avons sous les yeux qu'une petite partie. Les ramules et ramuscules paraissent un peu moins angulo-flexueux que dans l'espèce de Hæring. A la saillie et à l'écartement des coussinets pédonculaires, on croirait qu'il s'agisse d'une inflorescence femelle, ou régime dépouillé de ses fruits.

L'inflorescence, autant qu'on peut en juger d'après un fragment, ne serait pas sans rapport avec celle du *Trachycarpus Martiana* dont je figure une petite partie (pl. 11, fig. 3), comme terme de comparaison. Elle montre une portion de l'axe principal avec l'origine d'une ramification latérale et, à côté, deux fragments de ramuscules angulo-primaires. On reconnaît aisément que l'axe primaire est ici bien plus épais et trapu que celui de l'empreinte fossile, et que les ramifications auxquelles il donne naissance sont autrement disposées, bien qu'il y ait entre les deux appareils un rapport réel qui existe également entre l'échantillon fossile d'Aix et l'inflorescence des *Thrinax* (*T. parviflora* Sp.). Celle-ci présenterait aussi un terme de rapprochement que j'aurais voulu mettre en lumière si l'espace ne me manquait pour une figure de plus. Les panicules à fleurs du *Thrinax parviflora* sortent effectivement de spathes partielles et se prolongent en émettant le long des côtés des ramuscules simples ou peu divisés. L'allongement de l'axe et sa consistance relativement mince offrent avec l'appareil fossile que nous examinons un rapprochement dont je ne dois pas exagérer l'importance, sans négliger pourtant de le signaler.

La seconde de mes tentatives d'assimilation conduit, selon moi, à des résultats bien plus explicites. Il s'agit du *Sabal major* Ung., espèce tertiaire bien connue, caractéristique du tongrien et de l'aquitanien, et dont les frondes, recueillies récemment à Manosque, dans les mêmes lits que le *Palæorachis gracilis* Sap. (*Leptomeria gracilis* Ett.) (1) ont été souvent assi-

(1) De même qu'à Manosque, le *Leptomeria gracilis* Ett. se trouve associé, dans les couches de Hæring, au *Sabal major* Ung., encore désigné sous le nom de *Flabellaria major* par l'auteur de la Flore (voy. *Fl. v. Hæring*, tab. III, fig. 3, 7).

milées à celles des *Sabal umbraculifera* Jacq. et *Adansonii* Guerns. Ce dernier Palmier est indigène de la Caroline et de la

Fig. 21. — *Sabal Adansonii* Guerns., partie supérieure d'un régime ou inflorescence femelle dont les ramuscules, presque complètement dépouillés, présentent encore quelques fruits en place. L'échantillon, réduit de moitié environ, est destiné à servir de terme de comparaison avec les empreintes fossiles de *Palæorachis gracilis*, figurées sur les planches 11 et 12 ; il reproduit un exemplaire rapporté de Calcutta par Gauchidaud et donné par Wallich, qui existe dans l'herbier du Muséum de Paris.

Géorgie où il fréquente le bord des eaux, les lieux humides et les alentours des lagunes, dans le voisinage du Mississipi.

Ici, le rapport entre l'inflorescence fossile présumée (pl. 11, fig. 1, et 12, fig. 1) et celle du *Sabal Adansonii* vivant (pl. 12, fig. 2) (1) est de nature à confirmer l'attribution générique généralement adoptée, et basée jusqu'ici sur les frondes seulement. Dans le *Sabal Adansonii*, le spadice rameux se trouve constitué par un axe primaire entouré d'une série de spathes involucrantes, emboîtées l'une dans l'autre, chacune d'elles occupant la base d'un spadice secondaire. Chacun de ces spadices ou rameaux partiels donne lieu à des ramifications plus ou moins étalées et divariquées, simples ou elles-mêmes subdivisées en ramuscules. Ces ramuscules se trouvent pourvus de coussinets alternes, plus prononcés sur les spadices femelles et fructifères que sur les appareils mâles. La distinction des sexes n'entraîne pas cependant, dans les spadices respectifs, des différences bien prononcées; on peut s'en convaincre en consultant les figures que je donne : l'une (fig. 21 dans le texte), d'un spadice femelle; l'autre (pl. 12, fig. 2), dont les ramuscules portent encore des résidus de fleurs mâles flétries, tandis qu'à la base de chacun d'eux le rachis principal laisse voir en place, çà et là, de fines bractéoles.

Si, après avoir considéré les appareils des *Sabal* actuels, nous nous attachons aux empreintes fossiles (pl. 11, fig. 1, et pl. 12, fig. 1), objets du rapprochement proposé, il sera facile de saisir l'étroite analogie qui les unit, en supposant que chaque échantillon corresponde à l'un de ces rameaux involucrés à la base par une spathe en cornet, qui forment l'ensemble d'un spadice. Accidentellement brisé et entraîné au fond des anciennes eaux, il aura donné lieu à l'une des empreintes que je décris. On remarque pourtant, des deux parts, cette différence toute spécifique que les ramuscules fossiles, justifiant par là la dénomination de *gracilis*, appliquée par M. d'Ettingshausen à son *Leptomeria* présumé, sont plus grêles, plus menus et plus allongés que les parties correspondantes du *Sabal Adansonii*. S'il était permis de

(1) Cette figure représente l'inflorescence mâle; consultez pour ce qui concerne l'inflorescence femelle la figure insérée dans le texte, où les ramuscules retiennent quelques fruits épars, encore en place.

s'avancer un peu plus dans le domaine conjectural, j'ajouterais que, peut-être, l'empreinte de la planche 11, fig. 1, se rapporte plus vraisemblablement à un appareil femelle. La figure 1[a], qui fait voir deux des ramuscules de cette empreinte pourvus de coussinets en saillie, marqués à leur sommet de la cicatrice d'insertion d'un organe détaché, semble favoriser cette interprétation, tandis que l'empreinte de la planche 12, fig. 1, dont le rachis est plus grêle, dont les ramuscules sont simples, plus élancés et plus nus, dénote un spadice moins complexe, qui peut fort bien avoir appartenu à l'appareil mâle. Ce sont là pourtant des suppositions ; mais ces sortes de recherches sont à peine inaugurées, et il est à souhaiter qu'elles soient poursuivies avec ardeur. On est en droit d'espérer, en effet, qu'on arrivera à des résultats de plus en plus précis, qui permettront de déterminer enfin les divers organes des Palmiers tertiaires, ces anciens ornements de notre région, réduite à les envier aux autres pays ou à les garder sous des abris protecteurs, sauf sur une petite bande, le long du littoral méditerranéen.

Explication des planches.

Planche 11. — Fig. 1, *Palæorachis gracilis* Sap. (*Leptomeria gracilis* Ett.), inflorescence présumée du *Sabal major* Ung., reproduction d'une empreinte provenant du gisement aquitanien de Manosque, grandeur naturelle ; fig. 1[a], deux ramuscules grossis. — Fig. 2, *Palæorachis flexuosa* Sap. (1) (*Leptomeria flexuosa* Ett.), inflorescence présumée du *Flabellaria Lamanonis* Brngt., reproduction d'une empreinte provenant des gypses d'Aix et ayant fait partie de la collection du musée de Marseille ; grandeur naturelle. — Fig. 3, *Chamærops* (*Trachycarpus*) *Martiana* Wall., fragment d'une inflorescence, pour montrer l'aspect de l'axe ou rachis principal et les flexions anguleuses des ramuscules dépouillés, grandeur naturelle.

(1) Ou *subflexuosa*, si l'on suppose quelque différence spécifique entre l'échantillon d'Aix et les figures données par M. d'Ettingshausen sous le nom de *Leptomeria flexuosa* dans sa flore de Hæring.

Planche 12. — Fig. 1, *Palæorachis gracilis* Sap. (*Leptomeria gracilis* Ett.), inflorescence présumée, peut-être mâle, du *Sabal major* Ung., reproduction d'une empreinte provenant du gisement du Manosque; grandeur naturelle. — Fig. 2, *Sabal Adansonii* Guerns., partie d'une inflorescence mâle dont les ramuscules présentent encore quelques résidus de fleurs desséchées d'après un exemplaire de l'herbier du Muséum de Paris recueilli dans la Floride. L'échantillon est destiné à servir de terme de comparaison avec l'empreinte fossile figurée sur la même planche; grandeur naturelle; fig. 2a, un ramuscule grossi.

INFLUENCE

DES

AGENTS EXTÉRIEURS

SUR

L'ORGANISATION POLAIRE ET DORSIVENTRALE DES PLANTES

Par M. L. KOLDERUP ROSENVINGE

(Suite.)

2° Expériences faites sur les Begonia.

D'une manière générale, pour le genre de *Begonia*, les pousses sont dorsiventrales.

Chez ces plantes, les feuilles sont alternes et obliques, et tous les grands côtés des feuilles de la même pousse (voyez les figures 18 et 19) sont tournés vers la même face de la pousse (faute d'un nom, je l'appelle « *face A* »). Ordinairement les deux séries de feuilles sont repoussées plus ou moins vers la face opposée (nommée « *face B* »); cette disposition est très accentuée chez les espèces rampantes.

L'orientation par rapport à l'horizon peut être bien différente chez les diverses espèces du genre Begonia. Nous en citerons quelques exemples :

Chez les *B. fuchsioides* et *B. Schmidtii*, les pousses sont sensiblement plagiotropes, la face A se dirige vers le haut. La face A des jeunes rameaux est tournée vers l'axe mère, mais elle est un peu tournée, en même temps, vers la face A de celui-ci.

Chez le *B. Franconis* les pousses sont à peu près verticales, surtout la pousse primaire. Les rameaux latéraux, pourtant, sont généralement plus ou moins plagiotropes, du moins à la base, et ils tournent alors la face A vers le haut. La face A des rameaux latéraux est tournée vers l'axe mère.

Chez les *B. Verschaffelti* et *B. peltata* les pousses sont de même à peu près verticales, mais si elles diffèrent de la direc-

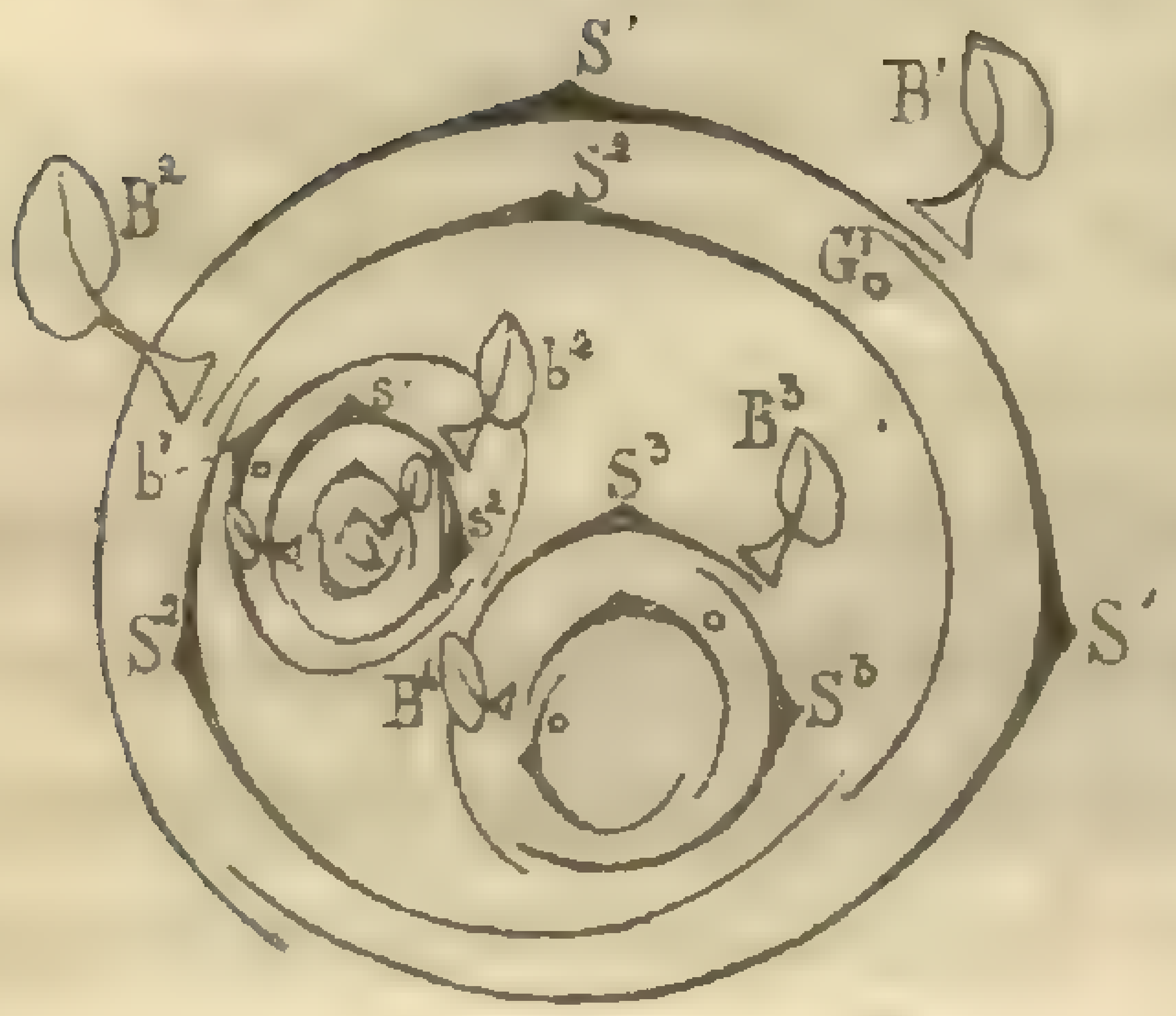


Fig. 22. — *Begonia hydrocotylifolia.* Diagramme d'une pousse végétative ordinaire avec un bourgeon à l'aisselle de la feuille marquée B^2. Les désignations sont les mêmes que dans la figure suivante.

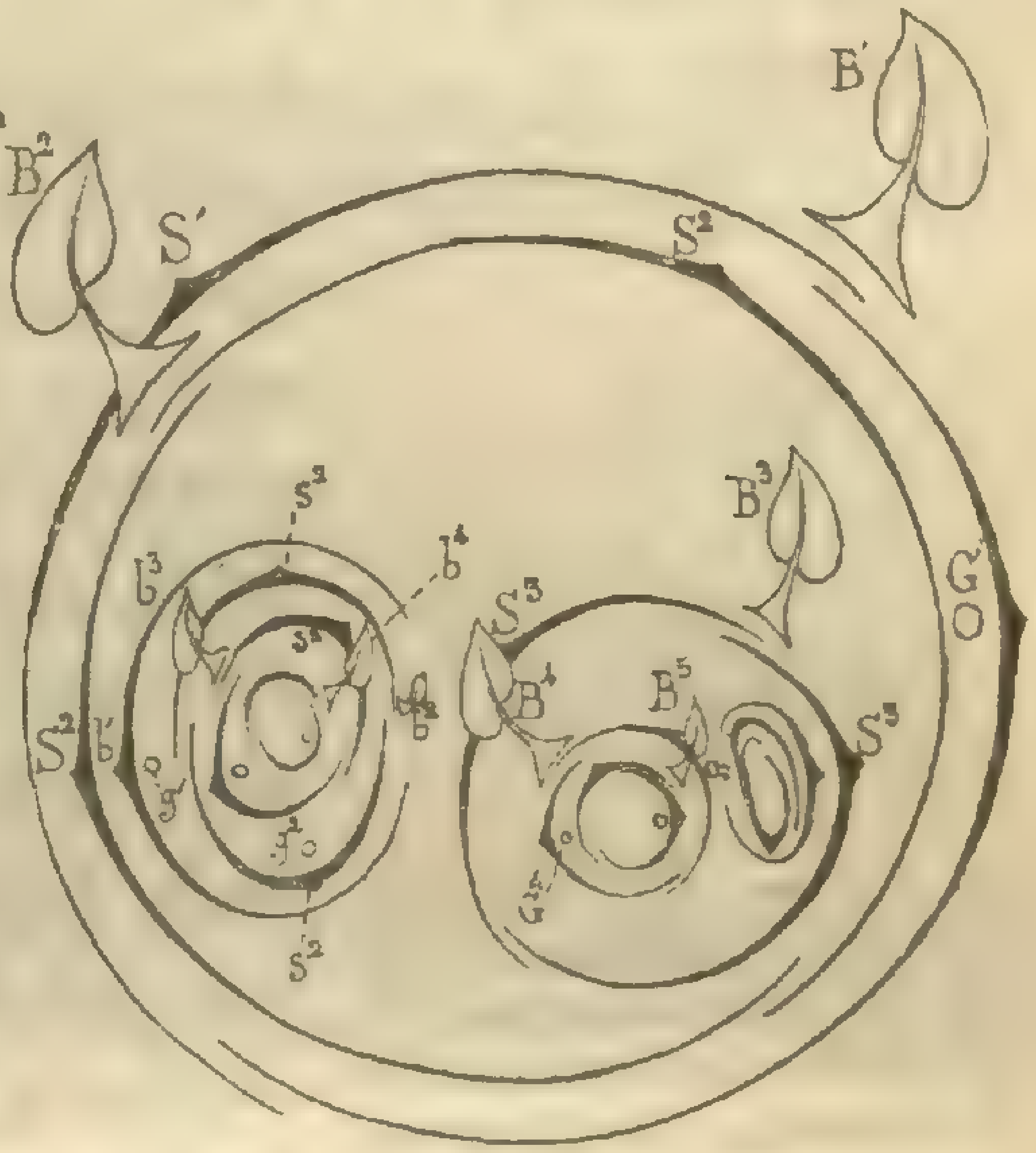


Fig. 23. — *Begonia Rex.* Diagramme d'une pousse végétative avec une pousse latérale à l'aisselle de la feuille marquée B^2. Les feuilles de la pousse principale sont marquées B^1, B^2..., les stipules respectives S^1, S^2..., les bourgeons axillaires G^1, G^2... Dans la pousse latérale les mêmes désignations sont employées, mais avec des caractères ordinaires.

tion verticale, c'est toujours la face B qui se tourne vers le haut.

De ces espèces nous passons, par le *B. manicata* et autres, aux espèces rampantes chez lesquelles la face B est toujours tournée vers le haut (*B. hydrocotylifolia*, *B. nelumbifolia*, *B. heracleifolia*, *B. Rex*, etc.). L'orientation des rameaux par rapport à l'axe mère est un peu différente chez ces espèces.

Chez le *B. hydrocotylifolia* (fig. 22) les rameaux se trouvent au milieu de l'aisselle; leur face A est tournée en même temps obliquement vers l'axe mère et vers sa face A. La première

feuille du rameau est une écaille b^1, la deuxième une feuille complète b^2 avec les stipules s^2,s^2.

Chez le *B. Rex*, les rameaux se trouvent à l'aisselle des stipules de la face A. L'orientation se voit dans le diagramme (fig. 23); la face A du rameau est tournée vers la face A du rameau mère et en partie vers le rameau mère lui-même. La première feuille est une écaille b^1, la deuxième a deux stipules bien développées s^2,s^2, mais un limbe rudimentaire b^2.

On verra que cette description ne concorde pas avec celle qui a été donnée pour cette espèce par Eichler (1). D'après cet auteur, les trois premières feuilles des rameaux seraient des écailles et la face B des rameaux devait être tournée vers l'axe mère. Au sujet des premières feuilles, la divergence provient de ce que Eichler n'a pas remarqué le limbe rudimentaire de la deuxième feuille, et par conséquent il a pris les stipules de cette feuille rudimentaire pour des feuilles indépendantes. Ce limbe est, en effet, assez petit et très peu développé, mais il est facile à trouver et quelquefois il est distinctement lobé (fig. 24). Comme confirmation ultérieure de mon interprétation, je ferai remarquer la concordance qui existe entre cette disposition et celle du *B. hydrocotylifolia* (comparer les figures 22 et 23); j'appellerai surtout l'attention sur ce fait que le bourgeon axillaire de la deuxième feuille g^2 se trouve à l'aisselle de l'une des stipules comme chez les feuilles suivantes. En ce qui concerne l'orientation des rameaux par rapport à l'axe mère, la différence qui existe entre la description d'Eichler et la mienne est due sans doute à ce que cet auteur a examiné seulement des rameaux latéraux qui n'étaient pas assez jeunes. En se développant, les rameaux subissent ordinairement une torsion, de sorte que la face B se tourne vers l'axe mère. On

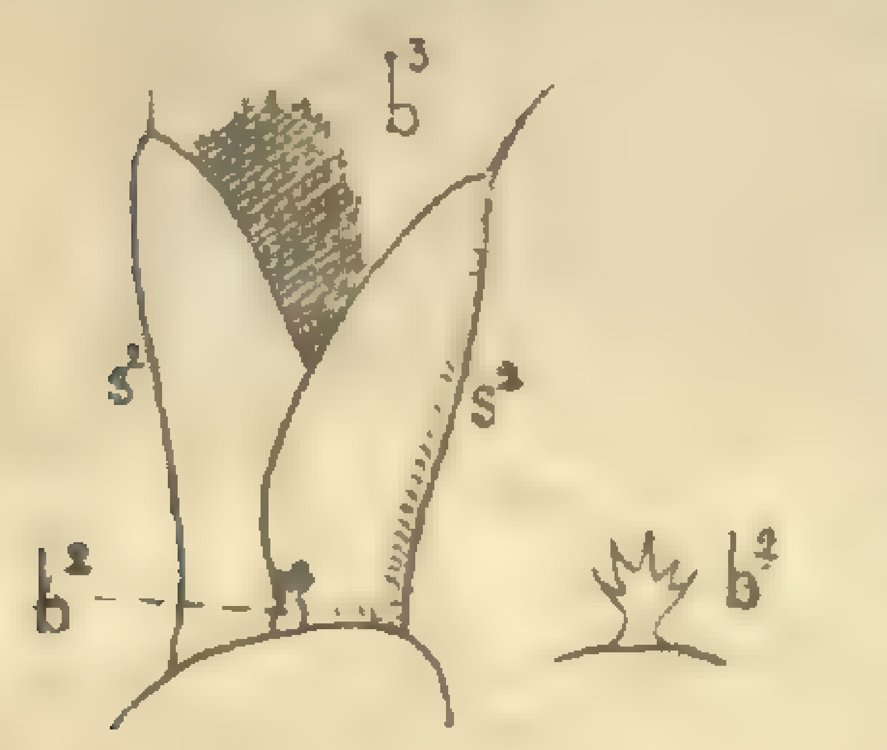


Fig. 24. — *Begonia Rex*. Bourgeon axillaire vu par sa face intérieure ; on voit le limbe rudimentaire de la deuxième feuille s^2 ; b^3 est la troisième feuille. A gauche, on a figuré le limbe rudimentaire d'une feuille analogue. Gross. 1,5 : 1.

(1) Eichler : *Ueber Wuchsverhältnisse der Begonien.* (*Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin*, 17 février 1880, p. 35.)

pourrait dire : ni la face A, ni la face B, ne sont tournées vers l'axe mère, les feuilles étant disposées dans un plan à peu près médian, mais le limbe de la deuxième feuille étant toujours repoussé un peu vers la face B de l'axe mère, il est évident que le point du rameau qui est le voisin de l'axe mère appartient à la face A.

Il résulte de ce que nous avons dit sur l'orientation des rameaux latéraux, que la face A du rameau est tournée, au moins en partie, vers l'axe mère chez toutes les espèces. L'orientation du rameau par rapport à l'axe mère étant constante dans chaque espèce, quelle que soit l'orientation par rapport à la direction de la pesanteur et de la lumière, on est en droit de conclure qu'elle est déterminée exclusivement par des causes intrinsèques.

Fig. 25. — *Begonia Franconis*. Plantules : en *a*, les cotylédons seuls sont visibles; en *b*, on voit la première feuille, qui est encore symétrique ; en *c*, cette feuille est oblique ; en *d* on voit la deuxième feuille.

Organisation dorsiventrale de l'axe primaire. — Les plantules des *Begonia* sont très petites. La première feuille supérieure aux cotylédons, qui apparaît quelques jours après la germination, c'est-à-dire après l'épanouissement des cotylédons, est d'abord symétrique, et la plantule ne présente à ce moment aucune trace d'une organisation dorsiventrale (fig. 25, *B*). Plus tard, cette feuille devient ordinairement plus ou moins oblique, tandis que les feuilles suivantes sont obliques dès l'origine. Chez quelques espèces la deuxième feuille déjà présente un limbe oblique dont la forme est typique pour l'espèce (*B. Franconis*, fig. 25, *d*), chez d'autres espèces (*B. Schmidtii*) cette forme n'apparaît pour la première fois que dans la troisième feuille. Les côtés les plus grands des premières feuilles se trouvent toujours du même côté de la tige ; toutefois la première feuille fait quelquefois exception, rarement la seconde (1).

Dès la deuxième ou la troisième feuille, la pousse primaire

(1) Les premières feuilles sont alternes comme les feuilles suivantes.

présente la même organisation dorsiventrale que les pousses latérales.

Expériences. — Il est donc évident que l'organisation dorsiventrale de la pousse primaire s'établit peu de temps après la germination. Pour reconnaître si elle peut être déterminée par des causes extérieures, j'ai fait les expériences suivantes.

Les graines ont été semées dans de petits pots. Aussitôt après la germination un certain nombre de plantules ont été enlevées, de sorte que celles qui restaient étaient clairsemées et que les plans médians des cotylédons se trouvaient à peu près parallèles.

1. — *Expériences faites sur les plantules de Begonia Schmidtii.*

1. — *Plantules à peu près horizontales, éclairées par en haut.* Les pots étaient placés sur le côté, immédiatement après la germination, de sorte que la surface de la terre et les plans médians des cotylédons fussent à peu près verticaux.

Première expérience. — Dix-huit plantules. Dans quatorze la face tournée vers le haut devenait une face A, dans quatre une face B ; trois de ces dernières plantules se trouvaient pourtant si près du bord supérieur du pot qu'elles en avaient un peu reçu l'ombre.

Deuxième expérience. — Vingt-quatre plantules. Dans *toutes* les plantules la face tournée vers le haut devenait une face A.

Troisième expérience. — Dix-huit plantules. Dans quatorze la face tournée vers le haut devenait une face A, dans quatre une face B.

Au commencement de l'expérience, la plupart des plantules avait produit la première feuille ; dans les plantules les plus grandes elle avait la même grandeur que les cotylédons. Il est donc possible que l'organisation dorsiventrale ait été déterminée pour quelques-unes des plantules avant le commencement de l'expérience.

La face tournée vers le haut devenant une face A dans presque toutes les plantules de ces trois expériences, il est évident que

l'*organisation dorsiventrale a été déterminée par une cause extérieure, par la pesanteur ou bien par la lumière.* Sur soixante plantules, cependant, il y a huit exceptions. Nous avons parlé des trois exceptions de la première expérience, qui sont dues sans doute à un défaut dans le dispositif employé. Il en est problablement de même pour les exceptions de la troisième expérience, l'organisation dorsiventrale ayant été déterminée avant le commencement de l'expérience ; l'expérience suivante montre en effet que l'organisation dersiventrale est déterminée à peu près au moment où la première feuille a la même grandeur que les cotylédons.

Quatrième expérience. — Un pot avec quatre plantules dont la première feuille avait la même grandeur que les cotylédons fut placé sur le côté. Dans trois plantules la face tournée vers le haut devenait une face B, dans la quatrième une face A.

Les expériences qui suivent montreront si c'est la pesanteur ou la lumière qui a agi comme cause déterminante dans les expériences précédentes.

II. — *Plantules debout, éclairées seulement d'un côté.*

Les pots avaient été munis d'un capuchon de carton noir, ouvert seulement d'un côté.

Cinquième expérience. — Neuf plantules. Dans cinq plantules la face éclairée devenait une face A, dans quatre une face B. Les plantules étaient assez serrées et relativement faibles ; elles avaient été peu éclairées.

Sixième expérience. — Quinze plantules. Dans *toutes* les plantules la face éclairée devenait une face A.

Cette sixième expérience fait donc voir d'une manière frappante que l'*orientation de l'organisation dorsiventrale a été déterminée par la lumière et non par la pesanteur.* Si la pesanteur avait agi comme cause déterminante, la face non éclairée serait devenue une face A, puisque les plantules s'étaient dirigées obliquement vers la lumière. Les plantes de la cinquième expérience étant serrées et n'étant pas bien développées, il y aurait peut-être à ne pas tenir compte de cette expérience. Du

reste, même s'il est permis de conclure quelque chose de la cinquième expérience, il n'est pas possible de voir si le résultat obtenu est dû à ce que l'influence des agents extérieurs a été exclue, ou à ce que la lumière et la pesanteur ont agi l'une contre l'autre.

III. — *Plantules à peu près horizontales, éclairées par en bas.*

Septième expérience. — Un pot avec de jeunes plantules, recouvert d'un capuchon noir ouvert seulement d'un côté, était placé sur le côté, de sorte que l'ouverture se trouvait tournée vers le bas. Au-dessous de l'ouverture, on avait placé un miroir un peu incliné qui rejetait la lumière du ciel sur les plantules. Le pot contenait dix-huit plantules qui étaient à peu près horizontales, dirigées pourtant un peu vers le bas.

Dans seize plantules la face tournée vers le bas, c'est-à-dire vers la lumière, devenait une face A, dans deux une face B.

Cette expérience a donné le même résultat que la précédente : l'organisation dorsiventrale a été déterminée par la lumière et non par la pesanteur, dans presque toutes les plantules.

En résumé : les expériences faites avec le B. *Schmidtii* ont montré que *la lumière est capable de déterminer l'organisation dorsiventrale des plantules* (*la face tournée vers la lumière devenant une face A*). *Il reste incertain si la pesanteur peut produire un pareil effet. Si la lumière agit dans des conditions favorables, la pesanteur n'a aucune influence.*

Les exceptions qui se trouvaient dans plusieurs expériences proviennent peut-être de ce que l'organisation dorsiventrale de ces plantes a été déterminée sans le concours de facteurs extérieurs.

2. — *Expériences faites sur les plantules de Begonia Franconis.*

Cette espèce est plus favorable aux expériences que la précédente, le résultat se présentant plus vite. Cela vient de ce que le développement est plus rapide et que la deuxième feuille a déjà

la forme oblique typique; dès qu'on peut la distinguer à l'œil nu, on voit que son extrémité est dirigée vers la face B de la tige (fig. 25). Cette espèce se distingue encore de la précédente en ce que les premiers entre-nœuds se prolongent davantage, de sorte que la plantule atteint plus vite une certaine longueur. La première feuille est, dans des conditions normales, nettement asymétrique.

Les trois premières séries d'expériences ont été disposées de la même manière que les expériences correspondantes faites avec le *B. Schmidtii.*

I. — *Plantules à peu près horizontales, éclairées par en haut.*

Première expérience. — Vingt plantules. Dans *toutes* les plantules la face tournée vers le haut devenait une face A.

Deuxième expérience. — Cinq plantules. Dans *toutes* les plantules la face tournée vers le haut devenait une face A.

Troisième expérience. — Trente-six plantules. Au bout de quatre semaines vingt-six plantules avaient produit la deuxième feuille. Dans vingt-quatre de ces plantules la face tournée vers le haut était une face A, dans deux une face B. Toutes ces plantules furent enlevées.

Les dix plantules restantes montraient seulement la première feuille qui était encore symétrique ; dans toutes les plantules, sauf les plus petites, elle était plus grande que les cotylédons. Le pot a été placé sur le côté comme auparavant, seulement on l'avait fait tourner 180° sur son axe, de sorte que la face des plantules qui avait été tournée vers le bas était dirigée maintenant vers le haut, c'est-à-dire vers la lumière.

Après trois semaines la deuxième feuille se montrait; dans toutes les plantules, la face tournée vers le bas était une face A.

Cette série d'expériences a donné le même résultat que les expériences correspondantes faites avec le *B. Schmidtii : la face tournée vers le haut et vers la lumière est devenue une face A.* Sur soixante et une plantules il n'y avait que deux exceptions. La troisième expérience a en outre montré que l'organisation dorsiventrale est déterminée avant qu'elle ne se manifeste dans

la forme extérieure de la plantule, au moment où la première feuille est encore symétrique et à peu près de la même grandeur que les cotylédons.

II. — *Plantules à peu près horizontales, éclairées par en bas.*

Quatrième expérience. — Vingt-sept plantules. Dans vingt-trois plantules la face tournée en bas devenait une face A, dans quatre une face B.

Cinquième expérience. — Dix-neuf plantules. Dans *toutes* les plantules la face tournée en bas devenait une face A.

Le résultat de ces expériences concorde aussi avec celui de l'expérience correspondante faite avec le *B. Schmidtii*, et montre que l'organisation dorsiventrale a été déterminée par la lumière et non par la pesanteur. Seulement pour les quatre plantules faisant exception dans la quatrième expérience, il serait possible que l'organisation dorsiventrale ait été déterminée par la pesanteur, mais elle pourrait être établie aussi dans ces plantules sans le concours des facteurs extérieurs. Trois de ces plantules étaient d'ailleurs remarquables en ce que la première feuille était à peu près symétrique ; s'il y avait une différence de grandeur des deux côtés. le côté le plus grand était celui qui était tourné vers le bas, tandis que le côté le plus grand de la deuxième feuille était tourné vers le haut. Cela a été provoqué sans doute par la lumière qui n'a pu réagir pourtant contre la cause inconnue qui a déterminé l'organisation dorsiventrale.

Les expériences suivantes montreront si l'organisation dorsiventrale peut être déterminée par la pesanteur.

III. — *Plantules debout, éclairées seulement d'un côté.*

Sixième expérience. — Quinze plantules. Les plantules se dirigeaient obliquement vers la lumière ; dans cinq d'entre elle la face éclairée devenait une face A, dans dix une face B.

Le résultat de cette expérience paraît à première vue être en contradiction avec les expériences précédentes ; mais en y regardant de plus près, on verra qu'il peut s'expliquer d'une manière fort naturelle.

Supposons d'abord que la dorsiventralité ait été déterminée dans toutes les plantules par un facteur extérieur, elle a été déterminée pour un tiers par la lumière, pour deux tiers par la pesanteur. La cause de ce résultat doit être attribuée sans doute à ce que la lumière a atteint les plantules sous un angle assez aigu, la lumière venant obliquement d'en haut, et les plantules se dirigeant vers elle. On sait que l'intensité de l'action héliotropique de la lumière diminue au fur et à mesure que l'angle diminue entre la direction de la lumière et l'axe de l'organe, et rien n'est plus naturel que de supposer qu'il existe une relation analogue pour l'influence que la lumière exerce sur l'orientation de l'organisation dorsiventrale.

Il est pourtant possible, et même vraisemblable, que l'organisation dorsiventrale d'un certain nombre de plantules s'est établie indépendamment des agents extérieurs ; mais le nombre des plantules dont la face tournée obliquement vers le haut devenait une face A étant le double de celui des autres, bien qu'elles fussent toutes le plus fortement éclairées à la face tournée obliquement vers le bas, il n'est guère douteux que la dorsiventralité d'un certain nombre de plantules a été déterminée par la pesanteur.

Pour faire l'épreuve de cette présomption, j'ai fait encore l'expérience suivante.

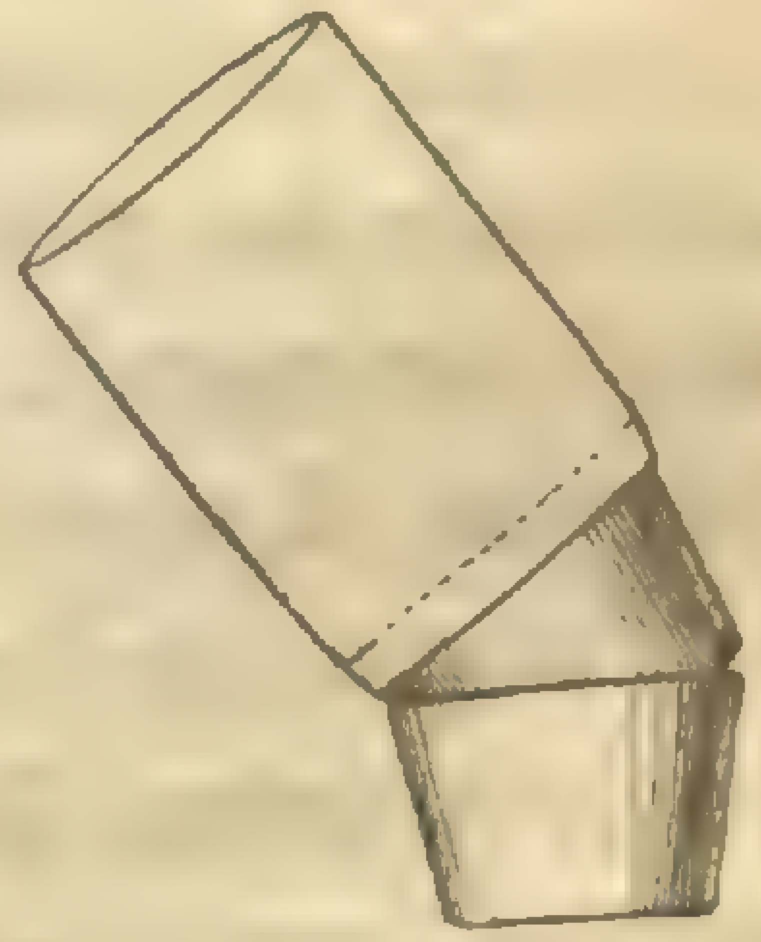


Fig. 26.

IV. — *Plantules posées obliquement, éclairées uniformément de tous côtés.*

Septième expérience. — Un pot avec de jeunes plantules avait été entouré d'un cylindre de carton blanc, ouvert en haut, environ 11 centimètres en diamètre, et dépassant le bord supérieur du pot d'une hauteur de 17 centimètres. Le pot ainsi muni de ce cylindre était placé alors obliquement, de sorte que la surface de la terre était tournée vers le sud, le plan médian des cotylédons étant vertical (fig. 26).

Les plantules croissaient vers la lumière directe qui les atteignait ainsi uniquement par en haut, c'est-à-dire dans une direc-

tion à peu près parallèle à l'axe de la tige ; du reste la lumière était diffuse et uniforme de tous côtés.

Douze plantules se développèrent ; dans onze d'entre elles la face tournée vers le haut devint une face A, dans une la face B.

Les deux faces des plantules ayant été uniformément éclairées, on peut en conclure que l'organisation dorsiventrale a été déterminée dans presque toutes les plantules par la pesanteur.

En résumé, les expériences faites avec le *Begonia Franconis* ont montré que l'*organisation dorsiventrale de l'axe primaire de cette espèce peut être déterminée et par la lumière et par la pesanteur. La lumière est toujours efficace si l'angle que fait sa direction avec le plan qui contient les points d'insertion de feuille ne diffère pas trop de 90°. Si cet angle est très petit ou si l'éclairage des plantules est uniforme de tous côtés, la dorsiventralité des plantules peut être déterminée par la pesanteur, pourvu que la position des plantules y soit favorable. Probablement l'organisation dorsiventrale peut s'établir aussi sans le concours des agents extérieurs;* quelques exceptions dans les expériences pourraient être expliquées de cette manière.

J'avais eu l'intention de faire encore une série d'expériences avec une des espèces rampantes de *Begonia ;* l'orientation des tiges par rapport au vertical étant l'inverse de celles des espèces dressées, il serait intéressant de connaître l'influence des causes extérieures sur l'orientation de l'organisation dorsiventrale dans les plantules. Malheureusement, dans les cultures avec ces espèces, presque toutes les plantules périrent encore jeunes ; j'ai réussi seulement à cultiver un petit nombre de plantules du *B. heracleifolia.*

Dans une culture pratiquée dans un pot placé droit, et éclairée d'un côté, deux plantules se développèrent. Les plantules se dirigèrent obliquement vers la lumière ; la face éclairée devint une face A.

Dans une autre culture en pot posé sur le côté et éclairée seulement par en bas, il se développa aussi deux plantules. Dans

toutes les deux, la face tournée vers le bas devint une face A (fig. 27).

Le nombre des plantules étant trop petit, on ne peut tirer quelque conclusion sûre de ces deux expériences, et même en admettant que l'organisation dorsiventrale ait été déterminée dans toutes les plantules par une cause extérieure, on ne peut reconnaître si elle a été déterminée par la lumière ou par la pesanteur. Si c'est la lumière qui a produit l'effet, ce qui me paraît le plus vraisemblable, elle a produit sur la face éclairée une face A, c'est-à-dire une face inférieure, qui dans des plantes croissant dans des conditions normales est tournée vers l'ombre. Si c'est la pesanteur, elle a produit une face B sur la face tournée vers le haut, tandis que chez le *B. Franconis* elle produisait une face B sur la face tournée vers le bas.

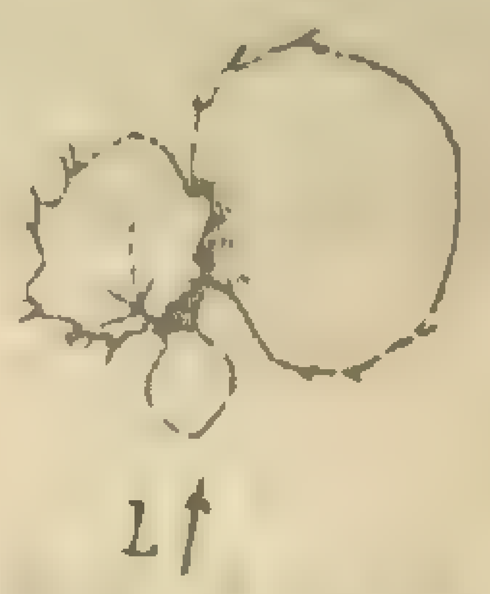


Fig. 27. — *Begonia heracleifolia*. Plantule qui a poussé horizontalement et a été éclairée seulement par en bas. Gross. 2 : 1.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR UNE

NOUVELLE ESPÈCE DE *SPIROGYRA*

Par M. DUPRAY

Cette espèce forme des masses compactes d'un vert sale à la surface de l'eau ; les filaments, doux et onctueux au toucher, noircissent en se desséchant sur le papier. Bien avant la formation des zygospores, les cellules végétatives, qui sont deux, quatre et même six fois plus longues que larges, se renflent irrégulièrement de place en place, d'un seul côté ou des deux côtés à la fois ; quelques-unes restent cylindriques.

Les cellules renflées des deux côtés sont généralement très contractées ; celles, au contraire, qui restent cylindriques ou ne se renflent que d'un seul côté, sont cinq ou six fois plus longues que larges.

La spire, assez souvent unique, fait deux ou trois tours dans les cellules ; mais on observe quelquefois deux spires dans quelques cellules. Les zygospores polymorphes sont globuleuses, piriformes, elliptiques, oblongues, cylindriques, réniformes ou moniliformes. Ce *Spirogyra* ne m'a jamais offert que la conjugaison latérale.

Voici ses dimensions :

Diamètre des filaments végétatifs, 41 μ ; diamètre moyen des zygospores, 34 μ ; mais ce ne sont que des moyennes, puisque les zygospores passent du cercle à la forme réniforme aplatie.

Cette curieuse espèce se rapproche du *Spirogyra fusco-atra* de Rabenhorst, par la forme des zygospores (1), mais en diffère par ses dimensions qui sont moindres que celles de l'espèce allemande, et par la spire, qui est souvent double. Malgré ces différences, nous la considérons comme étant très voisine du *Spirogyra fusco-atra*.

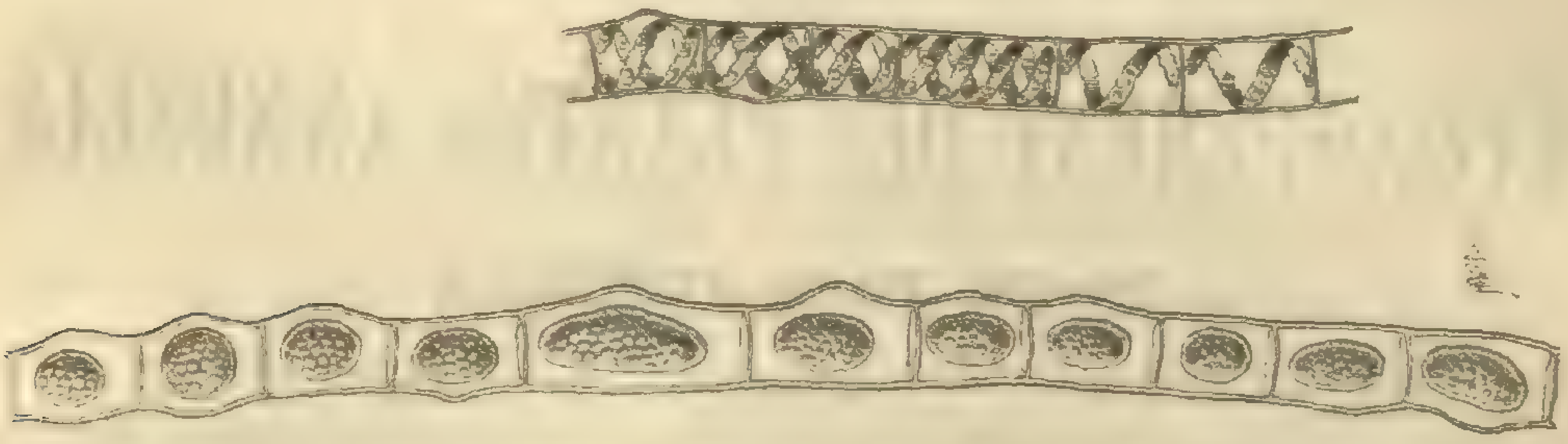


Fig. 28. — *Spirogyra oraria*. Fragments avec et sans zygospores formées.

M. Petit (2) a décrit une espèce qui se rapproche de la nôtre par la forme des zygospores ; mais la sienne, qu'il a nommée *Spirogyra lutetiana*, offre la conjugaison scalariforme et n'a qu'une seule spire, tandis que l'espèce du Havre ne conjugue que latéralement, et possède souvent deux spires alternant avec une seule spire sur le même filament.

Ce nouveau *Spirogyra* se trouve, en avril et mai, dans un fossé rempli d'eau saumâtre, dans les marais de l'embouchure de la Seine, près du Havre, où il est fréquemment mélangé au *Rhynchonema diductum*, Hassal, et au *Spirogyra Grevillanea*, Hassal.

L'espèce que je viens de décrire, croissant sur l'emplacement de l'ancien port d'Ora (bouche, rivage), qui existait au moyen âge à l'embouchure de la Seine, je propose de la nommer :

Spirogyra oraria.

(1) Rabenhorst : vol. III, p. 240. *Flor. Alg. Europ.*
(2) *Spirogyra* des environs de Paris, p. 21, pl. IV, fig. 9, 13.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

(*Suite.*)

II. — Cotylédons.

1. — Variations, avec l'âge, de la substance sèche des cotylédons.

Dès que la chlorophylle apparaît, les cotylédons gagnent, d'une part, en substance sèche, et perdent de l'autre.

Le gain est dû à l'assimilation ; mais, comme nous le verrons plus loin, soit à cause de la faiblesse de cette assimilation, soit à cause de l'intensité bien plus forte de la respiration, ce gain est très faible, et presque négligeable.

La perte, au contraire, est considérable ; elle est due :

1° A l'appel des matières de réserve par les parties de la plante en voie de développement ;

2° A la transformation de ces matières, qui entraîne, comme l'a montré Boussingault, une perte de carbone et d'eau ;

3° A la respiration, qui est très active dans ces organes.

En d'autres termes, les cotylédons perdent en poids sec par migration d'une partie de leur substance et par disparition réelle d'une autre partie.

1° *Perte de substance sèche des cotylédons par transformations chimiques.* — Pour déterminer séparément la quantité de substance sèche perdue par transformations chimiques et l'isoler de la quantité perdue par migration, nous étudierons la diminution du poids sec de toute la plante. Les substances qui se sont simplement transportées d'un organe à l'autre se retrouveront ainsi en définitive dans le poids total de tous ces organes, et la diminution de ce poids total ne peut être évidemment due qu'à une disparition complète de substance.

Tous les organes peuvent, il est vrai, contribuer à la perte de poids de toute la plante, mais dans les conditions où nous nous sommes placés, les feuilles ne se sont développées que très tard, vers la fin de l'expérience; d'autre part, les organes développés, l'axe hypocotylé et les racines, respirent relativement peu. Les résultats que nous obtiendrons sur la marche de la disparition de la substance s'appliquent donc d'autant plus sensiblement aux cotylédons que ceux-ci sont le siège principal de cette disparition.

Les expériences ont été faites pendant les mois de janvier et février sur des plantes élevées dans une salle chauffée, recevant un jour moyen. L'éclairement est, en somme, suffisant pour que les plantes verdissent; mais il ne permet, surtout à cette époque de l'année, qu'une faible assimilation, et le gain qui en résulte ne trouble pas les résultats obtenus. La saison choisie est, en outre, favorable à ces expériences, car les progrès de la végétation sont très-lents, et, par suite, plus facilement suivis qu'en été, où des changements considérables se produisent en quelques jours et, par leur rapidité, échappent à l'attention.

Les nombres que nous donnons plus loin représentent chacun la moyenne d'un grand nombre d'observations prises tous les deux ou trois jours, quelquefois tous les jours. Un grand nombre d'expériences est ici nécessaire à cause des faibles différences obtenues pour des intervalles aussi rapprochés.

Les graines ont été laissées dix jours dans l'air humide. Au bout de ce temps, la radicule est apparue; 1 gramme de graine est devenu en moyenne $0^{gr},980$.

Chacune de ces graines a été mise à végéter, suivant le procédé de Sachs, dans la solution décrite plus haut.

Après trois jours de végétation, le tégument n'est pas encore tombé ; le poids moyen, pour 1 gramme de graine, est devenu $0^{gr},965$, 1 gramme de graine a donc perdu, pendant chacun de ces 3 jours, $\frac{0^{gr},980 - 0^{gr},965}{3} = 0^{gr},005$.

Huit jours plus tard, après 11 jours de végétation, le tégument est tombé, et les cotylédons sont déjà verts. Le poids moyen des plantes est égal à $0^{gr},930$. Ces plantules ont donc perdu pendant ce temps $0^{gr},035$, c'est-à-dire, par jour, environ $0^{gr},0045$.

Après 17 jours de végétation, les racines secondaires sont apparues. Le poids moyen est égal à $0^{gr},900$. 1 gramme de graine a donc perdu quotidiennement, pendant ces 6 derniers jours, $0^{gr},005$.

Au 26[e] jour de végétation, le poids moyen est de $0^{gr},850$, ce qui représente une perte quotidienne de $0^{gr},0055$.

Enfin, après 34 jours, les cotylédons jaunissent, la gemmule s'allonge notablement. Le poids moyen de la plante, par 1 gramme de graine, égale $0^{gr},800$.

La plante a ainsi perdu, par jour, environ $0^{gr},006$.

Dans d'autres expériences, faites sur le grain de Blé, nous avons trouvé que 1 gramme de graine est devenu :

Après	8 jours de végétation..	$0^{gr},880$	Perte par jour..	$0^{gr},015$
—	23 — ..	$0\ ,670$	— ..	$0\ ,014$

A cette dernière époque, trois feuilles sont déjà développées, et l'assimilation, si faible qu'elle soit, a plus d'influence que précédemment, à cause du poids minime de la graine. Il n'est donc pas étonnant que la perte semble légèrement moindre pendant les derniers jours.

Pour des graines de Fève, d'autre part, 1 gramme de graine est devenu :

Après	23 jours de végétation..	$0^{gr},780$	Perte par jour..	$0^{gr},0096$
—	29 — ..	$0\ ,720$	— ..	$0\ ,010$

En résumé, on voit par ces expériences faites à la lumière, mais dans lesquelles l'assimilation n'intervient que faiblement, que *la perte de poids par jour, due aux transformations chimiques des matières de réserve et à la respiration, augmente, mais très faiblement, jusqu'à la chute des cotylédons.*

Peut-être cet accroissement de perte n'est-il dû qu'à la respiration, qui augmente avec le développement des organes. Ajoutons, enfin, qu'aux époques favorables de végétation, cette période devient très courte, et que la régularité de la perte du poids sec est alors bientôt troublée par le gain qui résulte de l'assimilation.

Mais les conclusions précédentes doivent rester applicables aux cotylédons, qui gagnent toujours peu par assimilation.

2° *Perte de substance sèche des cotylédons par migration de substances.* — Examinons maintenant comment les cotylédons perdent en totalité. Cette perte totale est due à la disparition d'une partie de la substance par transformations chimiques, et à la migration d'une autre partie de cette substance. Nous connaissons la marche de la perte de poids par transformations chimiques; Nous allons connaître, d'autre part, la marche de la perte totale. Il nous suffira donc de constater les différences qui se produisent dans ces deux cas pour déterminer la marche de la migration des substances, qui est la cause de ces différences.

Au début de la germination, les cotylédons forment pour ainsi dire, en poids, toute la graine. 1 gramme de graine représente par suite 1 gramme de cotylédons. Donc des cotylédons qui après 8 jours de germination pèsent, pour 1 gramme de graine, 0gr,750 en moyenne, peuvent être considérés comme ayant perdu, dans ces huit jours, 0gr,280, c'est-à-dire chaque jour 0gr,030 (1).

Les téguments tombent à cette époque. Quatre jours plus tard, les plantes portent deux feuilles. Les cotylédons ne pèsent

(1) Il est évident que la perte des cotylédons n'est pas la même, le premier et le huitième jour de germination. Les nombres représentant les pertes quotidiennes ne sont donc donnés que comme moyennes, pour fixer les idées en permettant de considérer les variations de poids pendant des périodes égales.

plus, en moyenne, que $0^{gr},600$. La perte par jour est égale à $0^{gr},037$.

Deux jours après, les feuilles, au nombre de trois, sont bien développées. Les cotylédons pèsent $0^{gr},450$ environ. La perte par jour s'est donc élevée à $0^{gr},075$.

Enfin ce poids égale :

5 jours plus tard.......	$0^{gr},290$	Perte par jour........	$0^{gr},032$
9 —	0 ,150	—	0 ,015

Dans une autre expérience, les cotylédons ont perdu :

Après 17 j. 2 (feuilles).	$0^{gr},590$	ce qui représente une perte par jour de	$0^{gr},034$
— 21 3 — ..	0 ,070	— —	0 ,017
— 26 ..	0 ,080	— —	0 ,015
— 35 ..	0 ,060	— —	0 ,006

Dans une troisième expérience, ils ont perdu :

Du 41e au 45e jour (6 feuilles)....	$0^{gr},050$	c'est-à-dire par jour....	$0^{gr},013$
45e 49e	0 ,030	—	0 ,008

On voit donc, par ces expériences, que, contrairement à ce qui a lieu pour la perte par disparition de substances, du corps de la plante, la *perte par migration de substances, des cotylédons vers les autres parties de la plante*, *après avoir été de plus en plus grande pendant la germination et au moment où les premières feuilles se développent, va ensuite en diminuant jusqu'à la chute des cotylédons.*

Nous venons de suivre les variations que subit le poids sec des cotylédons d'une plante. Une question nous reste à examiner. Les cotylédons de deux plantes dont les graines avaient un poids différent perdent-ils, pendant le même temps, la même quantité de substance sèche, ou des quantités variant avec leur poids primitif? Il est facile de s'assurer que c'est ce dernier cas qui se produit.

Deux graines pesaient, sèches, l'une $0^{gr},196$ et l'autre $0^{gr},361$. Après 41 jours, les cotylédons de la première pèsent $0^{gr},056$ et ont perdu $0^{gr},140$; les cotylédons de la seconde pèsent $0^{gr},082$ et ont perdu $0^{gr},279$. La seconde graine pesait donc environ le double de l'autre ; la perte a été également double.

Deux autres graines pesaient sèches, l'une $0^{gr},164$ et l'autre $0^{gr},235$. Après 49 jours, les cotylédons de la première pèsent $0^{gr},034$ et ont perdu $0^{gr},130$; les cotylédons de la seconde pèsent $0^{gr},049$ et ont perdu $0^{gr},186$. Le rapport des deux pertes, comme le rapport des poids des deux graines, égale environ 7/10.

Nous multiplierions aisément ces exemples, mais le fait peut déjà sembler évident par lui-même. Nous avons cru nécessaire toutefois de le prouver, parce qu'il a dans ce travail une certaine importance. En effet, il justifie la méthode que nous avons suivie, et il explique les résultats concordants que nous obtenons en ramenant toutes les plantes à un même poids de graine.

2. Variations, avec l'âge, du carbone et des substances minérales des cotylédons.

Nous avons suivi ces variations dans la racine, nous les suivrons dans la tige et les feuilles, parce qu'elles représentent alors les variations de l'assimilation de la plante. Dans les cotylédons, qui sont de simples organes de réserve, assimilant peu, et dont la substance sèche diminue sans cesse, cette étude ne peut présenter aucun intérêt. Nous nous contenterons de constater que les substances minérales, comme on peut le pressentir, suivent, en général, les variations de la substance sèche.

3. Variations, avec l'âge, de la quantité d'eau des cotylédons.

Si l'on compare entre eux, à différentes périodes de végétation, le poids frais et le poids sec des cotylédons, on observe que le rapport du premier de ces poids au second augmente continuellement à mesure que la plante se développe. Très faible pendant les premiers jours de germination, où le poids frais n'égale que deux ou trois fois le poids sec, ce rapport devient très grand au moment de la chute des cotylédons, où la quantité d'eau est 20 à 25 fois plus forte que la quantité de substance sèche.

Cette observation ne donne toutefois que des renseignements

incomplets. En effet, la substance sèche diminuant sans cesse, le rapport du poids frais au poids sec augmentera :

Soit que la quantité totale d'eau reste la même;

Soit qu'elle augmente;

Soit qu'elle diminue moins rapidement que cette substance sèche.

Pour déterminer quel est, de ces trois cas, celui qui se produit, il faut donc étudier les variations de la quantité d'eau elle-même.

Les expériences ont été faites sur le Lupin, où les cotylédons sont épigés, et sur le Pois, où ils sont hypogés.

Dans le Lupin, les cotylédons d'un gramme de graine renferment au mois de juin, en moyenne :

Après	8 j. de végétation..	gr. 3,210	d'eau	(tég. tombé).
—	12 — ..	3,611	—	2 feuilles.
—	14 — ..	4,090	—	3 —
—	19 — ..	3,814	—	4 —
—	28 — ..	3,234	—	Le lendemain, chute des cotylédons, qui sont grands et verts, 6 feuilles.

Dans une autre expérience, au mois de mai, les cotylédons d'un gramme de Lupin renfermaient en eau :

Après	17 jours de végétation......	3gr,285	(Tégument tombé, 2 feuilles).
—	21 —	3 ,340	3 feuilles.
—	26 —	3 ,400	6 —
—	35 —	3 ,257	7 —

Ainsi la quantité d'eau, la même environ dans les deux cas, a augmenté pendant un certain temps, pour diminuer ensuite. On voit d'ailleurs que l'augmentation, comme la diminution, est très faible.

Cette dernière ne devient considérable qu'au moment où les cotylédons se détachent; mais ils ne peuvent plus alors être considérés comme vivants.

Dans le Pois, les cotylédons d'un gramme de graine renfermaient, au mois de novembre, en moyenne :

Après	11 jours de végétation......	1gr,400	1 feuille.
—	21 —	1 ,800	3 —
—	46 —	1 ,950	5 —

Nous obtenons donc pour les cotylédons épigés et hypogés les mêmes résultats, bien que les derniers restent jaunes et se développent peu, tandis que les premiers verdissent et s'accroissent. Nous retrouverons, du reste, cette même augmentation d'eau dans les cotylédons de Lupins vivant à l'obscurité.

On sait que, dans les uns comme dans les autres, les cellules se multiplient; il nous semble rationnel d'attribuer à la multiplication cellulaire l'augmentation d'eau. Et, en effet, dans les cotylédons verts, on peut remarquer que l'accroissement de la quantité d'eau coïncide à peu près avec le temps pendant lequel ces cotylédons se développent. C'est environ à partir du moment où ils ont atteint leur volume définitif qu'on observe une légère diminution du poids d'eau.

Constatons, en tous cas, l'indépendance qui semble exister entre la substance sèche et l'eau des cotylédons :

Tandis que cette substance sèche diminue, la quantité d'eau reste invariable dans une certaine limite; elle n'éprouve qu'un faible accroissement suivi, quelque temps avant la chute des cotylédons, d'une faible diminution.

III. — Axe hypocotylé (1).

1. — Variations avec l'âge de la substance sèche de l'axe hypocotylé.

Nous distinguerons deux périodes principales dans l'accroissement, en poids sec, de l'axe hypocotylé :

La 1re période, qui s'étend du début de la germination à la chute des cotylédons.

La 2e qui commence au moment où les cotylédons tombent, et finit à la maturité.

1re *période*. — Nous comparerons entre elles, comme nous

(1) Les variations de poids de cette partie de la tige suivent une marche si spéciale que nous croyons devoir séparer leur étude de celle de la tige en général.

l'avons déjà fait pour la racine, les moyennes des poids secs d'axes hypocotylés prises tous les trois ou quatre jours.

Première expérience. — Dans une première expérience, après huit jours de végétation, et avant la chute des téguments, l'axe hypocotylé de Lupin pèse, en moyenne, pour 1 gramme de graine : 0gr,090. Sa longueur égale environ 55 centimètres.

Quatre jours plus tard, après douze jours de végétation, cette longueur s'est accrue de 10 centimètres pour la plupart des plantes. L'axe pèse, en moyenne, à cette époque, 0gr,130.

Après un nouvel intervalle de deux jours, la croissance de l'axe étant très faible, nous retrouvons ce même poids moyen : 0gr,130.

Cinq jours plus tard, après dix-neuf jours de végétation, les axes hypocotylés, qui mesurent en moyenne 70 centimètres, ont cessé de croître. Leur poids moyen égale 0gr,165.

Après vingt-huit jours, ce poids, égal à 0gr,160, est resté sensiblement invariable. Les cotylédons tombent un ou deux jours après.

2e *expérience.* — Dans les mêmes plantes, cultivées à une autre époque, les axes hypocotylés pèsent, en moyenne, pour 1 gramme de graine :

			Longueur moyenne de l'axe.
Après 17 jours de végétation....	0gr,150	2 feuilles.	50 centim.
— 21 —	0 ,190	3 —	60 —
— 26 —	0 ,200	6 —	70 —
— 35 —	0 ,190	7 —	70 —

Les cotylédons tombent quelques jours après.

3e *expérience.* — Les axes hypocotylés pèsent ici, en moyenne, pour 1 gramme de graine :

			Longueur moyenne de l'axe.
Après 41 jours de végétation....	0gr,387	6 feuilles.	40 centim.
— 45 —	0 ,460	7 —	45 —
— 47 —	0 ,440	7 —	45 —

Les cotylédons tombent le quarante-huitième jour.

Ainsi, dans toutes ces expériences, nous constatons, jusqu'au moment de la chute des cotylédons :

Pendant la croissance de l'axe, une augmentation rapide de substance sèche, un gain moyen par jour de 0gr,010.

Après l'arrêt de croissance, un arrêt analogue dans le gain du poids sec. Il y aurait plutôt une légère tendance à la diminution de ce poids.

L'axe hypocotylé, après un accroissement en poids qui paraît d'abord assez régulier, gagne donc ensuite de moins en moins, vers la fin de sa croissance. La fin de son accroissement en poids coïncide avec la fin de sa croissance.

2e *période.* — Reprenons maintenant la suite de la troisième expérience.

Après quarante-sept jours, nous avons vu que le poids moyen de l'axe, pour 1 gramme de graine, était de 0gr,440.

Le quarante-huitième jour les cotylédons sont tombés. Si alors, le quarante-neuvième jour, nous pesons de nouveau les axes hypocotylés desséchés, nous trouvons, comme poids moyen, toujours pour 1 gramme de graine, 0gr,170.

Quatre jours plus tard, nous retrouvons encore ce même poids moyen 0gr,170; de même après quatre autres jours. A cette dernière époque, la plupart des plantes portent dix feuilles.

Ainsi, immédiatement après la chute des cotylédons, l'axe hypocotylé éprouve une diminution de poids sec considérable.

Dans une autre expérience, faite à une autre époque, nous avons comparé, le même jour, les poids secs des axes hypocotylés de deux plantes.

Dans l'une de ces plantes, les cotylédons sont encore adhérents à la tige, le poids de l'axe pour 1 gramme de graine égale 0gr,165.

L'autre plante porte dix feuilles, comme la précédente, mais les cotylédons sont tombés la veille. Le poids de l'axe est ici de 0gr,078.

Comme dans les expériences précédentes, ce poids a donc, en un jour, diminué de moitié environ, dès que les cotylédons ont été tombés.

La première expérience nous a montré en outre que ce nou-

veau poids est resté le même du quarante-neuvième au cinquante-septième jour. Il est, en effet, constamment égal pendant ces huit jours, à 0gr,170 environ.

Le soixante-sixième jour, les fleurs sont sur le point d'apparaître dans la plupart des plantes. Le poids sec moyen de l'axe est de 0gr,139.

Dans une plante où les fleurs sont plus visibles, ce poids sec n'est que de 0gr,096.

Le soixante-douzième jour, les fleurs se développent; l'axe pèse, desséché : dans une plante, 0gr,099; et, dans une autre, 0gr,070.

Il y a donc eu au début de la floraison une nouvelle diminution de poids sec.

Après soixante-dix-huit jours, quelques fleurs se fanent, d'autres sont encore ouvertes. Le poids sec moyen des axes hypocotylés de plusieurs plantes est de 0gr,200.

Après quatre-vingt-trois jours, de nouvelles ramifications florales apparaissent. Le poids moyen de l'axe est de 0gr,170.

Enfin, le cent-quatorzième jour, deux plantes ont été étudiées. L'une porte des fleurs non encore ouvertes, l'axe pèse sec : 0gr,190. L'autre a terminé sa seconde floraison, et les fruits mûrissent; l'axe pèse : 0gr,270.

D'après ces diverses observations, le poids sec de l'axe hypocotylé serait bien plus grand pendant la maturation qu'au début de la floraison. Ce poids, qui a diminué pendant l'épanouissement floral, augmente de nouveau quand les fleurs se sont épanouies. Rappelons que nous avons constaté le même fait pour les racines qui perdent en poids pendant l'épanouissement floral.

Dans une autre série de cultures, les plantes sont observées après soixante-huit jours de végétation.

Dans l'une les fleurs apparaissent; le poids sec de l'axe hypocotylé, pour 1 gramme de graine, est de 0gr,123.

Dans l'autre les fleurs sont déjà ouvertes depuis quelque jours; l'axe pèse : 0gr,202.

Il y a donc encore ici une différence assez grande entre les poids secs de l'axe avant et après l'épanouissement floral.

Les plantes d'une troisième série de cultures commencent à fleurir après soixante et un jours de végétation.

Du trente-huitième au soixante et unième jour, le poids sec moyen des axes hypocotylés a été de 0gr,155.

Le soixante et unième jour le poids sec moyen des axes a été déterminé : dans les plantes où les fleurs ne sont pas encore apparues et dans celles où les fleurs sont déjà visibles.

Dans les premières, le poids moyen a été de 0gr,150.

Dans les secondes, le poids moyen a été de 0gr,140.

La différence est moindre que précédemment, mais elle s'est produite dans le même sens.

Des expériences faites sur le Sarrasin nous ont donné, d'autre part, pour poids secs moyens des axes hypocotylés, rapportés à 1 gramme de graine :

Après 25 jours......	1gr,230	2 feuilles.
— 33 —	1 ,500	Les fleurs apparaissent.
— 41 —	1 ,280	Les fleurs s'epanouissent.

Nous constatons donc ici encore une perte légère. Les variations de poids après l'épanouissement floral ont été encore observées dans une troisième série de cultures :

Les plantes de cette série ont fleuri après cinquante-six jours de végétation.

Dans l'une, les fleurs sont encore fermées ; le poids sec de l'axe est égal à 0gr,136. Dans l'autre, les fleurs s'ouvrent ; le poids sec de l'axe est égal à 0gr,170.

Treize jours après, quelques fleurs commencent à se faner. Le poids sec de l'axe est, en moyenne, de 0gr,340. Il y a donc eu gain énorme depuis l'épanouissement floral.

On voit en résumé, par ces diverses expériences, que, dans l'axe hypocotylé :

La substance sèche diminue brusquement au moment de la chute des cotylédons.

Elle varie peu ensuite depuis ce moment jusqu'à l'apparition des fleurs.

Quand les fleurs apparaissent et se développent, il y a en général perte de poids plus ou moins considérable.

Après l'épanouissement floral, il se produit un nouveau gain de substance sèche jusqu'à la maturation.

Le poids est ensuite assez variable et, comme nous l'avons fait observer pour les racines, dépend en même temps du développement de nouveaux organes.

Rapports des variations de la substance sèche dans l'axe hypocotylé et les cotylédons. — Dans toutes les expériences précédentes sur le poids sec de l'axe et celui des cotylédons, nous n'avons donné que la moyenne des nombres le plus souvent obtenus.

A plusieurs reprises, pourtant, en dehors de ces résultats, nous avons constaté, pour les axes hypocotylés de plantes normalement développées, des poids secs si différents de la moyenne, que nous nous sommes préoccupé d'en rechercher la cause.

Or nous avons remarqué une coïncidence constante, dans cette irrégularité de poids, entre les cotylédons et l'axe hypocotylé de la même plante.

Ainsi à une époque où le poids sec moyen de l'axe est de $0^{gr},195$ environ pour 1 gramme de graine, l'axe hypocotylé d'une plante, rapporté au même poids de graine, pèse $0^{gr},405$. Or les cotylédons de cette seconde plante ne pèsent que $0^{gr},145$ et le poids moyen des cotylédons est, à cette époque, de $0^{gr},340$.

Ainsi, tandis que l'axe a un poids très supérieur à la moyenne, les cotylédons pèsent notablement moins que cette moyenne. Si nous considérons maintenant l'ensemble des poids secs de l'axe et des cotylédons dans chacune des plantes, nous voyons que ces deux poids sont sensiblement comparables.

L'axe et les cotylédons de la première plante pèsent ensemble $0^{gr},530$; l'axe et les cotylédons de la seconde plante pèsent ensemble $0^{gr},550$.

Sur d'autres plantes prises à d'autres époques, nous trouvons pour 1 gramme de graine :

	Poids sec de l'axe.	Poids sec des cotylédons.	Poids total.
1re plante........	$0^{gr},205$	$0^{gr},365$	$0^{gr},570$
2e —	0 ,155	0 ,405	0 ,560

	Poids sec de l'axe.	Poids sec des cotylédons.	Poids total.
1re plante........	0gr,210	0gr,270	0gr,480
2e —	0 ,180	0 ,300	0 ,480
1re plante........	0gr,420	0gr,225	0gr,645
2e —	0 ,460	0 ,205	0 ,670
1re plante........	0gr,210	0gr,195	0gr,405
2e —	0 ,125	0 ,280	0 ,405

Il y a donc relation étroite entre l'axe hypocotylé et les cotylédons. Cette relation nous semble s'expliquer de la manière suivante :

L'axe, en se développant, appelle une quantité déterminée de la substance des cotylédons, mais, en dehors de ce cas normal, il arrive souvent que la substance se répartit, en quelque sorte, indifféremment dans les deux organes. L'un et l'autre servent alors de lieux de réserve, d'où les matières élaborées se rendent dans les autres membres de la plante.

Peut-être même, à l'état normal, doit-on considérer l'axe hypocotylé comme un organe de réserve. Deux faits nous semblent d'accord avec cette manière de voir. Le premier est constaté par Sachs : l'amidon qui, en règle générale, disparaît quand un entre-nœud se développe, persiste dans l'axe hypocotylé comme dans les cotylédons. D'autre part nous avons vu que, en même temps que les cotylédons tombent, une grande partie de la substance contenue dans l'axe disparaît, entraînée vers un autre point de la plante. Il semble donc que, pendant la vie des cotylédons, l'axe hypocotylé ne soit qu'une dépendance de ces organes.

C'est seulement après la mort de ceux-ci qu'il se comporte comme une tige, du moins au point de vue de sa substance.

2. — Variations, avec l'âge, du carbone et des sels.

L'axe hypocotylé se comporte, pendant les premiers temps de la végétation, comme un organe de réserve ; puis, après la chute des cotylédons, il n'est plus, en somme, qu'une partie de la tige. Pendant la première période, il n'y a donc pas lieu, comme nous l'avons déjà fait remarquer pour les cotylédons, de suivre

ces variations. L'étude de la seconde période, d'autre part, rentrera dans celle de la tige examinée à ce point de vue.

3. — Variation, avec l'âge, de la quantité d'eau de l'axe hypocotylé.

Reprenons les expériences précédentes, en considérant, non plus la substance sèche, mais le poids frais de l'axe hypocotylé aux mêmes époques de développement.

Si nous comparons, dans une de ces séries de cultures, la quantité d'eau à la quantité de substance sèche, nous trouvons, pour le rapport de la première à la seconde, en moyenne :

		Poids sec.
Après 8 jours de végétation.......	10	0gr,090
— 12 —	13	0 ,130
— 14 —	15	0 ,130
— 19 —	15	0 ,180
— 28 —	16	0 ,160

Les cotylédons tombent.

Ainsi, comme pour la racine, la quantité d'eau est allée d'abord en augmentant, en même temps que la substance sèche, mais plus rapidement que celle-ci, puisque la proportion elle-même s'est élevée.

Quand la substance sèche a diminué, un peu avant la chute des cotylédons, cette proportion est encore devenue un peu plus forte ; mais si nous comparons alors, non plus le rapport, mais la quantité d'eau totale, nous voyons que cette quantité égale en moyenne, pour les axes d'un gramme de graine :

Après 19 jours..................................	2gr,550
— 28 —	2 ,300

L'eau a donc diminué comme la substance sèche, mais moins rapidement.

Une autre expérience, suivie jusqu'à la chute des cotylédons,

donne les résultats suivants :

Nombre de jours de végétation.	Rapport du poids d'eau au poids sec.	Quantité d'eau totale.	Poids sec.
17	13	1gr,970	0gr,150
21	15	2 ,940	0 ,190
26	16	3 ,200	0 ,200
35	17	3 ,230	0 ,190

Les cotylédons tombent quelques jours après. Nous voyons que la quantité totale d'eau est restée à peu près constante vers la fin de l'expérience, comme la substance sèche, qui a très peu varié.

Quelques jours après, deux lots de plantes ont été comparés.

Dans les uns, les cotylédons ne sont pas encore tombés. Le rapport du poids d'eau de l'axe au poids sec est égal à 18. Le poids absolu d'eau est égal à 2gr,920.

Dans les autres, les cotylédons sont tombés. Le rapport du poids d'eau de l'axe au poids sec est égal à 17. Le poids absolu d'eau est de 1gr,294, pour les axes d'un gramme de graine.

Ainsi, l'eau suit, mais dans des proportions différentes, les variations de la substance sèche.

Ajoutons que, dans les cas anormaux où la quantité de substance sèche augmente considérablement dans l'axe, la quantité d'eau augmente aussi, de manière à rétablir la proportion normale. Il en est de même dans les cotylédons, où l'eau diminue alors avec la substance sèche.

Ainsi, dans l'expérience citée plus haut, les axes hypocotylés de deux plantes prises en même temps pèsent, l'un 0gr,195, et l'autre 0gr,405. Dans les deux, cependant, la proportion d'eau est égale à 15.

De même, tandis que les cotylédons du premier, qui renferment plus de substance sèche, contiennent, pour 1 gramme de graine, 3gr,340 d'eau, les cotylédons du second n'en contiennent que 1gr,305.

Le fait mérite d'être signalé. Il est, en effet, contraire à ce qui se produit quand la substance sèche des cotylédons disparaît normalement. La quantité d'eau reste alors presque constante, comme nous l'avons vu.

Reprenons maintenant l'étude des variations normales de la proportion d'eau dans l'axe hypocotylé.

Depuis la chute des cotylédons jusqu'à la floraison, c tte proportion d'eau va en diminuant légèrement. Égale à 16 environ au moment où les cotylédons tombent, elle n'est plus que de 11, en moyenne, au moment où les fleurs vont apparaître. La quantité totale d'eau elle-même a donc diminué, puisque, pendant ce temps, la substance sèche a peu varié.

Mais, dès que les fleurs apparaissent, nous savons que cette substance sèche diminue. Si nous suivons alors les variations de la quantité d'eau, nous obtenons les résultats suivants :

Jours de végétation.	Rapport du poids d'eau au poids sec.	Poids absolu d'eau.	Poids sec.
57	10	1gr,700	0gr,170
66	11	1 ,529	0 ,139 Fleurs.
72	12,5	1 ,250	0 ,100
78	8	1 ,680	0 ,210 Fin de la floraison.
83	10,5	1 ,890	0 ,180
114	12	2 ,220	0 ,185

Ainsi, après comme avant la chute des cotylédons, le poids total d'eau suit les variations de la substance sèche. Il diminue comme celle-ci, du début de la floraison jusqu'à l'épanouissement floral, mais moins rapidement.

Après l'épanouissement, il augmente moins rapidement d'abord, puisque sa proportion n'est plus que de 8 environ, mais il continue ensuite à augmenter, tandis que la substance sèche diminue.

Dans une autre série de cultures, deux plantes sont prises à la même époque.

Dans l'une, les fleurs apparaissent. Le rapport du poids d'eau au poids sec est égal à 15 ; le poids absolu de l'eau, pour les axes d'un gramme de graine, est de 1gr,845. Dans l'autre, les fleurs sont épanouies depuis deux jours. Le rapport du poids d'eau au poids sec est égal à 11. Le poids absolu de l'eau est de 2gr,240.

Les plantes d'une troisième série de cultures sont prises à une période de végétation un peu plus avancée.

Dans les unes, quelques fleurs commencent à se faner. Le rapport du poids d'eau au poids sec est égal à 7. Le poids absolu d'eau est de 2gr,415. Dans les autres, toutes les fleurs sont fanées, et les fruits mûrissent. Le rapport du poids d'eau au poids sec est égal à 16. Le poids absolu d'eau est de 2gr,320. Dix jours plus tard, ce poids d'eau est, en moyenne, de 2gr,700.

Toutes ces expériences comparatives concordent donc avec les précédentes.

De même, pour le Sarrasin, nous avons obtenu, au moment de l'apparition des fleurs, un rapport moyen du poids d'eau au poids sec, égal à 12 environ. Ce rapport n'était plus que de 8 au moment de la floraison.

En résumé, dans l'axe hypocotylé :

Pendant la croissance de cet axe, la substance sèche augmente, ainsi que la quantité d'eau, mais celle-ci augmente plus rapidement.

Depuis la fin de la croissance de l'axe jusqu'à la chute des cotylédons, la substance sèche varie peu ; la quantité d'eau augmente encore, mais de moins en moins.

A la chute des cotylédons, l'eau et la substance sèche diminuent.

A la floraison, la substance sèche varie peu, mais la quantité d'eau diminue.

Pendant que les fleurs se développent, la quantité de substance sèche et la quantité d'eau diminuent, mais cette dernière bien moins rapidement que la première.

A la fin de la floraison et au début de la maturation, la substance sèche et l'eau augmentent, mais la substance sèche augmente plus rapidement que l'eau.

IV. — Tige et feuilles.

Dans les différentes parties de la plante, dont nous avons déjà suivi les variations de poids, nous avons constaté que ce poids augmente ou diminue suivant la période de végétation observée. Mais nous ignorons jusqu'ici s'il y a, dans tous ces cas, gain ou

perte pour la totalité de la plante, ou s'il se produit seulement un simple déplacement de substances. L'étude des parties situées au-dessus des cotylédons, outre les renseignements particuliers qu'elle peut fournir, nous permettra, en complétant les résultats, de résoudre cette question.

1. — Variations, avec l'âge, de la substance sèche de la tige et des feuilles.

Depuis l'apparition de la gemmule jusqu'au moment qui précède la chute des cotylédons, la marche de la substance sèche, dans la tige et les feuilles, ne présente qu'un faible intérêt.

Cette marche varie, en effet, avec les conditions d'assimilation, et il est de toute évidence que si ces conditions restent invariables, le développement foliaire augmentant sans cesse, le gain de substance sèche augmentera avec lui.

Le fait peut, d'ailleurs, être rapidement prouvé par quelques exemples.

Dans des Lupins, après huit jours de végétation, le tégument tombe. Le poids de la gemmule, très grand par rapport au poids frais, est très variable et peut difficilement être précisé.

Quatre jours plus tard, la gemmule porte deux feuilles. Son poids moyen, pour 1 gramme de graine, est alors de 0gr,094.

Deux jours après, la tige ne s'élève pas encore sensiblement au-dessus des cotylédons, mais trois feuilles sont développées, et leur ensemble pèse 0gr,165 pour 1 gramme de graine.

Enfin, après vingt-huit jours de végétation, les cotylédons sont sur le point de tomber. La tige porte six feuilles. Le poids moyen de la tige et des feuilles est de 0gr,490.

Sur d'autres cultures, ce poids moyen égale :

Après 17 jours	0gr,140	2 feuilles.
— 21 —	0 ,205	3 —
— 26 —	0 ,400	7 —

Le poids sec a donc, dans les deux cas, constamment augmenté.

Cette augmentation est due à la fois à l'assimilation et à la migration, vers la tige, des substances des cotylédons.

Nous savons qu'au moment de la chute des cotylédons la marche de l'accroissement en poids se modifie dans les racines et dans l'axe hypocotylé. Il est donc intéressant de rechercher s'il se produit dans la tige et les feuilles des changements correspondants.

Après quatre jours de végétation, des Lupins portent, la plupart, six feuilles. Les cotylédons ne sont pas encore tombés.

L'ensemble des parties épicotylées pèse, en moyenne, pour 1 gramme de graine, $0^{gr},580$.

Quatre jours plus tard, les cotylédons tiennent encore. Le poids moyen de la tige et des feuilles est de $0^{gr},670$. Il y a donc eu, pendant ces quatre jours, un gain de $0^{gr},090$.

Les cotylédons tombent le quarante-huitième jour. Le quarante-neuvième, les plantes ne portent encore que sept feuilles, en moyenne, comme le quarante et unième jour. L'ensemble de la tige et des feuilles pèse, pour 1 gramme de graine, $0^{gr},870$. Pendant ces quatre nouveaux jours, le gain a, par suite, été, pour la tige et les feuilles, de $0^{gr},200$.

Il est donc bien plus considérable que pendant les quatre jours précédents, bien que les feuilles se soient peu développées.

Or nous avons vu précédemment que pendant cette même période l'axe a perdu une notable quantité de substance sèche, et que le poids sec des racines a peu varié. Le gain de la tige et des feuilles est donc dû surtout à la substance de l'axe hypocotylé qui, aussitôt après la chute des cotylédons, s'est répandue vers le haut de la plante.

Deux plantes sont prises à la même période de végétation, dans une autre série de cultures.

Les cotylédons de l'une sont tombés. Le poids égale :

Pour l'axe	$0^{gr},078$	
— la tige	0 ,163	$0^{gr},500$
— les feuilles	0 ,337	

Les cotylédons de l'autre ne sont pas encore tombés.

Le poids sec égale :

Pour l'axe	0gr,165	
— la tige	0 ,089	0gr,457
— les feuilles	0 ,368	

Ainsi l'axe hypocotylé de cette dernière plante qui a encore ses cotylédons pèse plus, mais l'ensemble de la tige et des feuilles pèse moins que les parties correspondantes de l'autre plante, dont les cotylédons sont tombés. On voit de plus que le gain de la première plante s'est produit surtout dans la tige.

Il y a donc, au moment où les cotylédons tombent, migration rapide de substances du bas de la tige vers le haut.

Après cette nouvelle répartition, l'accroissement en poids continue dans la tige et dans les feuilles, en même temps que d'autres feuilles apparaissent.

Nous résumerons, pour plus de clarté, dans le tableau suivant les résultats obtenus :

Jours de végétation.	Poids des parties épicotylées.	Gain par jour.	Poids total de la plante.	
49	0gr,870	»	1gr,700	Cotylédons tombés. 7 feuilles.
57	0 ,990	0gr,015	1 ,870	10 feuilles.
66	1 ,130	0 ,015	2 ,030	13 —
72	1 ,240	0 ,018	1 ,950	Début de la floraison.
78	2 ,000	0 ,120	3 ,270	Fin de la floraison et début de la maturation.
83	2 ,190	0 ,040	4 ,070	Nouvelles ramifications florales.

Ainsi, depuis la chute des cotylédons jusqu'au début de la floraison, le poids sec augmente dans la tige et dans les feuilles, comme dans la totalité de la plante. Nous avons déjà observé le même fait dans la racine.

Mais, au début de la floraison, tandis que les racines diminuent de poids, la tige et les feuilles continuent à augmenter. Il y a donc, de nouveau, forte migration de substances.

Toutefois nous n'observons pas ici, comme au moment de la chute des cotylédons, une augmentation de poids dans le haut de la tige, proportionnelle à la perte des parties inférieures; de plus, si nous considérons la totalité de la plante, nous constatons

que du soixante-sixième au soixante-douzième jour, son poids non seulement a peu varié, mais même tend à diminuer.

Il y a donc, en même temps que migration de substances des parties inférieures vers le haut de la plante, perte rapide de ces substances.

Cette perte, comme nous l'avons déjà fait remarquer, ne peut être évidemment produite que par les fleurs, dont le développement est accompagné d'une forte respiration.

Quand l'épanouissement floral est terminé, le tableau précédent montre que la tige et les feuilles, comme du reste toute la plante, gagnent en poids avec une grande rapidité. C'est le début de la maturation.

Pendant cette maturation, de nouvelles ramifications se développent. Le poids sec de la tige et des feuilles devient alors très variable suivant les plantes et le nombre de leurs ramifications. L'assimilation continuant, ce poids, de même que celui des racines, est d'autant plus fort que le nombre des ramifications développées est plus grand.

En résumé, dans la tige et dans les feuilles :

Le poids sec s'accroît depuis l'apparition de la gemmule jusqu'à la maturation.

Cet accroissement en poids présente :

Un maximum au moment de la chute des cotylédons ;

Un autre maximum au début de la maturation ;

Un minimum au début de la floraison.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX RELATIFS AUX MÉTHODES DE TECHNIQUE

PUBLIÉS EN 1888 ET JUSQU'EN AVRIL 1889

I. — Méthodes de conservation et de culture.

Depuis un certain nombre d'années, nos connaissances sur les végétaux inférieurs ont considérablement augmenté. Cela tient en grande partie aux perfectionnements successifs introduits dans les procédés de culture et de conservation de ces plantes. Dans cet ordre de recherches, le plus petit progrès mérite donc d'être noté.

Quand il s'agit des grands Champignons charnus, deux méthodes permettent de les conserver : les placer dans un liquide spécial ou les dessécher.

M. Istvanffy (1) conseille, comme liquide permettant d'arriver à la première fin, l'emploi de l'alcool à 60 p. 100, de l'eau salée, du sublimé au millième, de l'acide borique à 2 p. 100, et de mélanges d'acide acétique et de glycérine en proportions diverses.

Si l'on veut dessécher un Champignon, l'auteur conseille d'abord de le soumettre à une température suffisamment élevée pour tuer les larves, et de les traiter par le sublimé à 0,5 ou à 1 p. 100. Il est souvent utile, pour les Basidiomycètes, d'avoir une coupe du fruit, un fragment de la pellicule du chapeau et les spores. Les deux premières parties sont conservées sur du papier gélatiné (obtenu en coulant sur du papier un mélange liquide de 500 gr. d'eau et de 100 gr. de gélatine). La tranche du Champignon est placée dans cette gélatine que l'on ramollit légèrement, en trempant le verso du papier dans un peu d'eau, et doit être ensuite portée à la presse. Les spores sont recueillies sur un papier de teinte variable suivant leur couleur, et immobilisées à l'aide d'un liquide fixatif. Parmi les liquides fixatifs qui ont été proposés, citons celui de M. Harz (2) ; les spores sont colorées ; on les recueille sur du papier blanc, et on les fixe par *une solution de baume de Canada dans l'alcool absolu,* que l'on étend avec un pinceau sur le verso du papier. Si elles sont blanches, il faut les recueillir sur un papier coloré, mais le liquide précédent ne peut plus servir, parce que, fréquemment, l'alcool dissout les couleurs du papier. Dans ce cas, le liquide doit être constitué par 1 *volume de baume de Canada dissous dans 4 volumes de térébenthine.* Si les spores sont extrêmement nombreuses, on met une proportion de baume un peu plus

(1) Istvanffy : *Ueber das Präpariren der Pilze für wissenschaftliche Zwecke* (Bot. Centr. Bl., vol., XXXV nº 11 à 13, 1888).

(2) Harz : *Verfahren die sporen der Hymenomyceten auf Papier zu fixiren* (Bot. Centr. Bl., vol., XXXVIII nº 3, 1889).

forte ; au contraire, on la met en proportion moindre quand les spores sont peu nombreuses.

M. Schwalb (1) conserve à la fois la forme et la couleur des Champignons en les desséchant, soit à l'air libre, soit parfois dans la terre, au bain de sable, soit, pour certaines espèces, après les avoir recouverts de substances différentes, suivant les espèces, avec de la cire, de la stéarine, de l'argile, etc., qu'il enlève une fois la dessiccation terminée.

Ces méthodes ne s'appliquent pas à ces nombreuses formes filamenteuses, dont l'ensemble forme un groupe provisoire, auquel on donne le nom de Mucédinées, et dont l'étude est peu avancée. M. Costantin (2) a indiqué une méthode permettant d'en faire une collection, et de réunir à la fois les avantages de l'herbier et ceux de la serre. Elle consiste à cultiver ces formes sur des milieux nutritifs divers, dans des tubes à essais stérilisés avant l'ensemencement, et fermés par un tampon de ouate. On conserve ainsi indéfiniment une même forme, en ayant soin de la rajeunir constamment par de nouveaux ensemencements.

Le procédé précédent est applicable aux Mucorinées et à la plupart des Champignons aériens. Pour les Saprolégniées, les Chytridinées, une autre méthode permet d'arriver au même but.

Dans un travail publié peu de temps après sa mort, M. de Bary indique comment, depuis une dizaine d'années, il était arrivé à cultiver d'une manière continue des Saprolégniées de contrées très éloignées (3). Il plaçait, dans une eau stérilisée, des fragments de plantes aquatiques ou du limon récoltés en excursion dans les mares, les étangs, les puits, etc. ; il déposait à la surface de ce liquide des cadavres d'Insectes ; au bout d'un temps plus ou moins long, des Saprolégniées apparaissaient à la surface de ce dernier substratum. Jamais, pendant ces longues années de recherches, cette méthode n'a été infructueuse. S'il se contentait de mettre les Insectes dans l'eau bouillie, il ne se produisait rien ; les zoospores se trouvent donc dans le limon ou sur les débris de plantes. Ce résultat est encore vérifié par la réapparition des mêmes espèces, en employant la vase des mêmes étangs à plusieurs années de distance. L'emploi des cadavres d'Insectes est fondé sur ce fait, que les Bactéries ne s'y développent pas ou peu ; quant aux Moisissures vulgaires, elles sont moins bien adaptées que les Saprolégniées à la vie aquatique. Plusieurs espèces apparaissent souvent dans un même liquide ; pour les isoler, on peut faire des boutures ou transporter les oospores.

Une méthode très analogue est recommandée par M. Zopf (4) pour la culture des Chytridinées, Monadinées, etc. Elle consiste à semer, à la surface de l'eau, des grains de pollen de Conifères, par exemple, qui flottent aisément, à cause de leurs ballonnets à air, ou des spores de Fougères. Les Phycomycètes se développent sur ces éléments nutritifs, et leur évolution peut être aisément suivie.

(1) *Die naturgemässe Conservirung der Pilze*, etc. (Wien, 1889).
(2) *Les Mucédinées simples* (Paul Klincksieck, Paris, 1888).
(3) *Species der Saprolegnien* (Bot. Ztg. n° 38 à 41, 2 pl. 1888).
(4) Zopf : *Ueber einige niedere Algenpilze und eine neue Methode ihre Keime aus dem Wasser zu isoliren* (Abhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Halle, XVII).

Pour faire des cultures pures de végétaux inférieurs, M. DIAKONOW (1) a imaginé un dispositif particulier. Un vase élargi à sa base porte, à sa partie inférieure, une tubulure par laquelle se font les semis, et qui est fermée par une bourre de coton. Le bouchon de ce vase est constitué par une pipette, dont la partie amincie descend presque jusqu'au fond du vase. Un tube de caoutchouc fixe cette pipette au vase. Un second tube de caoutchouc fixe, à la partie supérieure de cette pipette, un tube plus mince terminé par une partie évasée bouchée par du coton. Cette pipette permettra d'ajouter, soit de l'alcali, soit de l'acide, à la solution nutritive, et de constater la nature de sa réaction. Cette pipette peut être graduée et porter un robinet en son milieu, si l'on veut connaître exactement le volume du liquide que l'on ajoute aussi successivement.

Afin d'éviter la chute de spores étrangères, qui peuvent tomber dans le flacon au moment de l'ensemencement, M. DIAKONOW a imaginé un second appareil. Il se compose d'un flacon central, semblable à celui qui vient d'être décrit, et dans lequel on fait un premier semis; ce vase est en relation avec un certain nombre de flacons semblables, qui seront ensemencés avec le premier. Ils sont placés autour de lui et reliés par des tubes horizontaux permettant, soit d'interrompre, soit de rétablir la communication. Quand on veut ensemencer les seconds flacons, on attend que la Moisissure soit bien développée dans le flacon central; on insuffle de l'air dans ce flacon, à l'aide d'un tube de caoutchouc placé à sa partie supérieure. Les conidies du premier flacon lancées par l'air en mouvement tombent dans les seconds flacons.

Il y a un reproche à faire à tous ces appareils : la fermeture par des tubes de caoutchouc est peut-être insuffisante.

Les procédés de cultures des Bactéries sont variés. On peut les ramener à deux : cultures sur milieux liquides, cultures sur milieux solides. Ces dernières sont les plus commodes pour isoler une espèce, et l'obtenir à l'état de pureté absolue. Elles peuvent se faire soit sur plaques, soit en tubes. Ces milieux solides ont presque tous pour base soit la *gélatine*, soit la *gélose* ou *agar-agar*, que l'on ajoute à un liquide de nature variée, suivant la volonté de l'observateur, et qui, une fois refroidies, forment un milieu solide, transparent, presque incolore, où l'on fait le semis. Le mode de préparation de ces milieux, à la gélatine ou à l'agar, est très varié; nous n'entrerons pas dans les détails de ces diverses préparations; nous dirons simplement que la plupart exigent l'emploi d'un filtre spécial pour filtrer à chaud, et nous nous bornerons à donner, pour faire ces diverses préparations, le procédé suivant, qui a le mérite de ne pas nécessiter un très long temps, et de ne pas exiger de filtre spécial. Il nous a été indiqué par un élève de M. Pasteur.

1° *Gélose*. — Supposons que l'on veuille prendre, comme liquide nutritif, un bouillon de veau (la préparation serait la même avec tout autre milieu, tel que jus d'orange, solution sucrée, etc.).

(1) Diakonow : *Ein neues Gefäss zum cultiviren der niederen Organismen. — Eine neue Inficirungsmethode* (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. VI, p. 52 et 121, 1888).

On fait un bouillon de veau, en prenant de 1/2 à 1 partie de viande pour 1 partie d'eau ; la viande doit être dégraissée le plus possible. Ce bouillon fait, on neutralise par le carbonate de potasse et l'on filtre.

Ensuite, par 200 centimètres cubes de bouillon, on ajoute 5 grammes d'agar, que l'on dissout en chauffant le tout dans l'autoclave à 100°, pendant environ 3 quarts d'heure. On vérifie au tournesol si la réaction est acide ; dans ce cas, on neutralise, car si l'acidité persiste, il peut y avoir formation de sucre ; on passe dans un petit tamis, on laisse refroidir jusqu'à 45°, et alors on ajoute la moitié d'un blanc d'œuf additionné de son volume d'eau.

On porte alors de nouveau à l'autoclave, pendant cinq minutes à 115° ; toutes les substances que l'albumine peut précipiter se précipitent ; on laisse retomber la température à 100°, et alors on filtre immédiatement sur un *gros filtre* analogue à celui dont on se sert pour filtrer les huiles. Le liquide filtre rapidement et très clair. On le met dans des tubes stérilisés à sec et fermés par une bourre de coton, et on les stérilise de nouveau dans l'autoclave à 115°. On les retire et on les couche alors presque horizontalement, afin que le liquide présente, dans le tube, une plus large surface. Ce liquide se solidifie, le tube est prêt à être ensemencé. Pour mettre le liquide dans ces tubes, il faut se servir d'un petit entonnoir à partie rétrécie très étroite, pour éviter de mettre du liquide sur les parois du tube, à l'endroit où pénètre la bourre de coton.

2° *Gélatine*. — Même bouillon. On ajoute à ce bouillon une quantité de gélatine un peu variable, suivant l'état de la température, 10 p. 100 en été, 8 p. 100 en hiver. On chauffe ce mélange à 100° dans l'autoclave, pendant 1 quart d'heure, puis on neutralise avec du carbonate de potasse ; et, si l'on veut de la gélatine légèrement acide, (ce qui, en général, est préférable pour les Champignons, mais moins avantageux pour les Bactéries), on ajoute 1 millième d'acide tartrique. Quand la température du liquide est descendue à 45°, on ajoute, comme pour la gélose, un demi-blanc d'œuf additionné de son volume d'eau, et on porte dans l'autoclave. Si la gélatine est neutre, on ne peut élever la température qu'à 100°, car une température plus élevée peut modifier cette gélatine, et l'empêcher de se solidifier ultérieurement. Si la gélatine est acide, il n'y a pas d'inconvénient à aller jusqu'à 110°. Les précipitations effectuées, on filtre immédiatement sur un *gros filtre*. Puis l'on met dans les tubes, comme précédemment. Pour stériliser ces tubes, on peut les porter à 110° avec de la gélatine acide, et la stérilisation est effectuée. Mais si la gélatine est neutre, on ne peut aller qu'à 100°. Tous les germes peuvent ne pas être tués. Mais alors ils vont se développer, et deux jours après, une nouvelle température de 100° tuera ceux dont le développement est commencé ; dans le cas où quelques-uns n'auraient pas encore commencé à germer, ils resteraient encore intacts. Mais en recommençant une nouvelle fois, au bout de deux jours, à chauffer à 100°, on peut admettre que la stérilisation complète est effectuée.

Les milieux sur lesquels on peut faire développer des bactéries (ou des Champignons inférieurs) sont multiples.

Un certain nombre de bactéries pathogènes se développent très bien dans

le lait et la gélatine peptonisée que l'on prépare de la manière suivante (1). Dans 1 litre de lait, on fait dissoudre, à 60 ou 70° environ, 60 grammes de gélatine; puis, la gélatine dissoute, on fait bouillir pour coaguler la caséine. On filtre ensuite à travers un linge, dans un vase large, pour que les matières grasses viennent à la surface et puissent être enlevées facilement. On ajoute ensuite 1 p. 100 de peptone, et on neutralise par une solution de soude. On a, de la sorte, une gélatine solide très nutritive. On peut ajouter, à la liqueur non encore solidifiée, un peu de chlorure de sodium.

L'albumine alcaline est encore un milieu très nutritif (2). De l'albumine d'œufs frais est filtrée à travers une mousseline, et on fait un mélange dans les proportions suivantes : albumine, 5 centimètres cubes; solution de potasse ou de soude caustique à 1 p. 100, 3 centimètres cubes ; eau, 2 centimètres cubes. On agite pour que le mélange soit bien intime, et on stérilise dans des tubes, en ayant soin de ne pas dépasser 100°.

M. Huppe (3) a recommandé les œufs comme donnant de bons résultats: Les œufs sont bien nettoyés, la coque est stérilisée par une solution de sublimé, lavée à l'eau stérilisée, essuyée avec du coton stérilisé. L'œuf est ouvert avec un instrument passé à la flamme; on fait le semis et l'ouverture est recouverte par du papier qu'on fixe avec du collodion.

Enfin on peut employer des morceaux de carotte, de pomme de terre, etc. M. Roux (4) emploie le procédé suivant pour développer des Bactéries sur des morceaux de pomme de terre : Un tube à essais est étranglé vers son quart inférieur, sur cette partie étranglée repose le morceau de pomme de terre. Le tube est fermé par un tampon de coton et stérilisé à 115°, le liquide du morceau s'écoule au fond du tube; sa surface dessèche un peu, et en faisant le semis on voit très distinctement le développement des colonies de Bactéries.

Les Bactéries anaérobies exigent des procédés spéciaux de culture. M. Roux (5) a fait connaître les principaux dispositifs qu'on peut employer. Les tubes dans lesquels on a fait le semis sont privés d'air, soit au moyen d'une trompe, soit parce qu'on y fait passer un gaz inerte. Par exemple pour cultiver sur pomme de terre on emploie un tube assez semblable au précédent, mais présentant un tube horizontal à sa partie inférieure. Une partie évasée contient une bourre de coton, et est suivie d'une zone rétrécie. On stérilise dans l'autoclave, on fait le semis de l'anaérobie, on fait passer un courant de gaz neutre et l'on ferme en haut et à la partie rétrécie du tube horizontal ou bien l'on ferme en haut, l'on fait le vide à l'aide de pompe et on ferme le tube horizontal.

Un procédé ingénieux qui peut encore être employé, c'est de semer à la fois l'anaérobie et une autre Bactérie très avide d'oxygène, le *Bacillus subtilis* par exemple. Ce dernier se développe, forme un voile au-dessus de la gélatine, s'empare de tout l'oxygène. Alors en dessous se développe l'anaérobie.

(1) Raskin (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. 1888).
(2) Rosenthal et Schultz (Biologisches Centralblat. 1888, p. 307).
(3) (Centralbl. p. und Parasitenkunde. vol. II, p. 80, 1888).
(4) *De la culture sur pomme de terre* (Ann. de l'Instit. Past. 1888, n° 1).
(5) *Culture des microbes ananéobies* (Annales de l'Institut Pasteur, vol. II, p. 49).

Enfin M. Buchner fait absorber l'oxygène par l'acide pyrogallique et la potasse (1). Le tube stérilisé et ensemencé fermé, par du coton, est placé dans un tube plus grand, soutenu à peu près au milieu. Au fond de ce même tube qui est évidemment bien bouché est le pyrogallate de potasse. On met environ 1 gramme d'acide pyrogallique et 10 centimètres cubes de potasse pour absorber l'oxygène de 100 centimètres cubes d'air. On peut objecter à ce procédé que l'agitation étant impossible, l'absorption de l'oxygène est très lente, peut-être jamais totale.

Les Algues sont parfois difficiles à conserver. M. Klein (2) recommande comme milieu conservateur la gélatine glycérinée de Kaiser (3). Cette substance est solide, mais fond à une température pas très élevée. Le moyen le plus pratique pour l'employer est de la conserver dans un petit flacon, fermé par un bouchon, que traverse un tube de verre effilé à sa partie inférieure, plongeant presque jusqu'au fond et qui fonctionne comme pipette. On met le tube dans l'eau à une température suffisante pour fondre la gélatine glycérinée et, avec la pipette, on en prend une gouttelette que l'on insuffle sur le porte-objet, elle entoure l'algue, se refroidit et permet les observations ultérieures parce qu'elle est parfaitement transparente.

Certaines Algues se contractent si on les met directement dans la gélatine glycérinée ; il faut dans ce cas commencer par en *fixer* le contenu. Pour cela on place l'algue dans une goutte d'eau suspendue à la face inférieure d'un porte-objet, et on l'expose ainsi sur le col d'un flacon contenant une solution à 1/10 d'acide osmique. Les vapeurs osmiques fixent l'Algue, en un petit nombre de minutes. Il est bon alors de transporter l'Algue dans une goutte de glycérine très étendue d'eau, mais que l'on laisse se concentrer par évaporation, puis d'ajouter, en procédant comme il est indiqué plus haut, une goutte de gélatine glycérinée qui se répand dans tout le liquide. On recouvre ensuite d'une lamelle.

M. Klein (4), dans une nouvelle publication, indique certains procédés pratiques pour *recueillir* diverses Algues, telles que Desmidiées, Volvocinées, etc. L'eau contenant des espèces multiples de ces Algues est regardée au microscope à un grossissement égal à 100 environ et avec un tube de verre dont l'extrémité capillaire est recourbée sur une longueur de 2 mètres environ, on peut pêcher les échantillons d'une même espèce un à un, et les réunir dans une même préparation. Ce procédé, comme le dit l'auteur, est excellent, si l'on veut pour une culture partir d'un échantillon unique. On peut encore utiliser la propriété qu'ont ces Algues de se diriger

(1) Centralblatt f. Bakteriologie und Parasitenkunde, 1888.

(2) *Beiträge zur Technik mikroskopischer Dauerpräparate von Süsswasseralgen* (Hedwigia, 1888, p. 21).

(3) On prépare cette substance de la façon suivante : on fait ramollir 1 partie de la gélatine la plus fine dans 6 parties en poids d'eau pendant deux heures, puis on ajoute 7 parties de glycérine chimiquement pure. A 100 parties de ce mélange on ajoute 1 gramme d'acide phénique concentré ; l'on chauffe pendant dix minutes et l'on filtre sur du coton de verre.

(4) *Beiträge zur Technik, etc.* II (Zeitschrift für wissensch. Mikrosk., vol. V, p. 456, 1888).

vers la lumière. Placées au fond d'un vase plus éclairé d'un côté, elles ne tardent pas à quitter la boue où elles se trouvent pour venir se rapprocher de la lumière. Si une pipette contenant quelques gouttes d'eau et des *Volvox* est placée son extrémité inférieure tournée vers une fenêtre, toutes les cellules viendront se grouper tout à fait à cette extrémité. On peut conserver ces algues dans la gélatine glycérinée. Pour fermer complètement la préparation, M. Klein recommande un mélange de colophane et de cire jaune, auquel on ajoute pour 10 parties du mélange, 1 à 2 d'huile de lin, et 1 de baume de Canada.

Pour étudier les Algues sèches, M. Lagerheim (1) conseille l'emploi de l'*acide lactique*. L'algue est d'abord mise à ramollir dans l'eau, puis un petit morceau est transporté sur le porte-objet dans une ou deux gouttes d'acide lactique; on chauffe jusqu'à ce que de petites bulles de gaz se montrent dans l'acide, mais il faut éviter que celui-ci s'étale sur la lame de verre. Les Algues se gonflent, reprennent leur forme naturelle, leur contenu s'éclaircit et quand on a chauffé assez longtemps on ajoute une lamelle de verre. Un avantage de ce liquide c'est qu'étant assez visqueux, il permet de déplacer légèrement le couvre-objet et par suite d'étudier l'Algue dans diverses positions.

L'acide lactique est également utile pour l'étude de divers champignons tels que les Péronosporées, les Urédinées, etc.

II. — Procédés pour traiter les coupes.

a. — Inclusions.

Dans une foule de cas, si l'on veut faire des coupes très fines, et surtout si l'on veut obtenir une série ininterrompue de coupes, il est utile d'inclure l'objet, c'est-à-dire de l'envelopper complètement par une autre substance convenablement choisie, de le faire entièrement pénétrer par cette substance dans laquelle ensuite on pratiquera les coupes.

Une des substances les plus employées pour faire des inclusions est la *paraffine*. L'objet est d'abord *durci* dans l'alcool absolu, dans une solution étendue des acides chromique, acétique ou picrique, ou mieux encore dans le *liquide de Flemming* (2). Si l'on emploie l'alcool absolu comme le recommande M. Schönland, il est bon de n'arriver à ce liquide qu'après avoir passé par un ou deux alcools moins concentrés pour que l'eau des tissus ne leur soit pas trop brusquement enlevée, ce qui produirait une altération de forme de ces tissus. Si au contraire, ainsi que le fait M. Moll, on se sert des solutions acides diluées comme durcissants, il faut laver les objets durcis avec le plus grand soin pour enlever toute trace d'acide. On procède ensuite à l'inclusion. Les détails de l'opération diffèrent un peu suivant les divers auteurs. Dans tous les cas, la paraffine doit pénétrer entièrement le tissu; pour que ce but soit atteint il faut le faire pénétrer d'abord par un

(1) *Ueber die Anwendung von Milchsaüre bei der Untersuchung von trokenen Algen* (Hedwigin, vol. XXVII, p. 58, 1888).

(2) Eau distillée contenant 1 p. 100 d'acide chromique, 0,02 p. 100 d'acide osmique, 0,1 p. 100 d'acide acétique.

dissolvant de la paraffine. Citons par exemple le procédé employé par M. Schönland (1).

En sortant de l'alcool absolu le fragment de tissu est transporté dans de l'*essence de girofle* et il doit y rester jusqu'à ce qu'il descende au fond du flacon, ce qui demande des temps assez variables suivant la nature du tissu, en moyenne vingt-quatre heures ; de là, dans de l'*essence de térébenthine pure*, puis dans une *solution de térébenthine saturée de paraffine*, et de là enfin dans de la *paraffine fondue*. L'objet reste à peu près un jour dans chacun de ces liquides.

Les coupes faites au microtome, soit isolées, soit en ruban, peuvent être fixées sur un porte-objet au moyen d'un mélange à parties égales de blanc d'œuf et de glycérine ou d'un mélange à parties égales de collodion et d'essence de girofle étendu avec un pinceau sur le porte-objet. La paraffine est alors dissoute par de la térébenthine, et la térébenthine chassée par l'alcool, ce qui se fait en plongeant dans l'alcool le porte-objet où les coupes restent adhérentes. On peut alors procéder à la coloration, convenablement choisie d'après le but que l'on se propose, puis déshydrater les coupes, les placer dans l'essence de girofle, pour les éclaircir et les monter dans le baume de Canada (2).

La meilleure paraffine est celle qui fond vers 50° ; celle fondant à une température inférieure est généralement trop molle.

Une autre substance qu'on peut employer également en Botanique est la *celloïdine*, sorte de collodion dont l'usage a été introduit en histologie animale par M. Mathias Duval (3). On la dissout dans un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther, et on peut l'avoir à divers états de concentration suivant la quantité de dissolvant employé. Pour faire les coupes on place le fragment à couper dans un petit vase de verre contenant la celloïdine plus ou moins épaisse. Pendant qu'elle s'épaissit, il est bon de faire quelques trous à son intérieur, de la séparer avec un couteau de la paroi du vase pour assurer le départ facile des bulles d'air. Quand elle est assez épaisse pour que le doigt ne puisse plus y marquer qu'une très faible empreinte, on verse à sa surface de l'alcool de 50 à 70 p. 100 ; puis au bout de un ou plusieurs jours on verse cet alcool que l'on remplace par un autre un peu plus étendu, dans lequel on peut la laisser aussi longtemps que l'on veut. Quand elle a pris la consistance cartilagineuse on peut faire les coupes, et cela sous ce même alcool étendu ; ces coupes peuvent ensuite être transportées dans tel liquide que l'on veut.

Si l'on veut monter les coupes dans le baume, on les transporte dans de l'alcool à 96°, et non dans l'alcool absolu, puis de là, pour les éclaircir, non dans l'essence de girofle, mais dans l'*huile d'origan*, de *lavande* ou de *bergamotte*. De là dans le baume, ou encore dans la résine Dammar. Dans le

(1) *Ein Beitrag zur mikroskopischen Teknik* (Bot. Centr. Bl., vol. XXX, p. 283 et Botan. gaz., 1888).

(2) *The application of the paraffin imbedding in boany* (Bot. gaz., vol. XIII, n° 1, p. 5, 1888).

(3) *Le collodion dans la technique de l'embryologie* (Journal de Micrographie, t. XIII, n° 7, 1888). — Voir aussi Schiefferdecker (Zeit. f. wiss. Mik., vol. V, p. 505).

cas où l'on veut disposer en ordre des séries de coupes, on peut, quand elles sortent de l'alcool absolu, les transporter telles quelles sur un porte-objet ordinaire, ou sur lequel on a étendu une mince couche de collodion, et dans l'un ou l'autre de ces cas, les soumettre à la vapeur d'éther. On est plus sûr qu'elles resteront toutes en place, si l'on a au préalable étendu sur le porte-objet une mince couche de collodion.

Pour les tissus très mous M. Pfitzer (1), il y a déjà quelque temps, a indiqué une autre masse d'inclusion : On l'obtient en dissolvant au bain-marie à 50 ou 70° des morceaux de savon de glycérine dans un mélange à parties égales de glycérine et d'alcool absolu. On obtient une masse transparente légèrement jaunâtre qui fond à 40°. On l'obtient un peu plus dure en la conservant dans le chlorure de calcium. Pour inclure on peut verser la masse encore liquide dans une petite boite de papier et y disposer à volonté l'objet à couper. S'il s'agit de très petit objets il suffit d'en verser quelques gouttes sur un bouchon, d'y placer l'objet et d'ajouter de nouvelles gouttes pour le recouvrir, puis on fait les coupes.

S'il s'agit au contraire d'objets très durs, on se sert avec avantage d'une masse d'inclusion que vient de faire connaître tout récemment M. Godfrin (2).

L'élément essentiel de cette masse est du savon d'huile de ricin. « Pour l'obtenir on fait dissoudre, dans environ 15 parties d'eau à 50° ou 60°, 2 parties en poids de soude caustique et on ajoute 8 parties d'huile de ricin. » Le savon obtenu est refondu dans de l'eau et purifié par du sel marin. Une fois le savon obtenu, on fait la masse dont la composition est la suivante :

Savon	50 gr.	Alcool à 90°	160 gr.
Gélatine fine	2.5	Glycérine	20
Eau	25		

On dissout le savon dans l'alcool légèrement chauffé et on filtre. On dissout à une douce chaleur la gélatine, dans le mélange de glycérine et d'eau; on mélange les deux solutions. Le liquide obtenu englobera les objets et formera une masse solide; pour inclure, on met les objets dans l'alcool, et l'on fait le vide à l'aide d'une trompe; l'alcool pénètre entièrement les objets, facilitant de la sorte l'imprégnation ultérieure. On recommence la même opération avec de l'eau, qui ramollira les objets; puis on porte ces objets dans la masse à inclusion, qu'on chauffe au bain-marie à 50°; l'alcool, et en partie l'eau, s'évaporent; reste une masse qui pénètre les objets, les englobe, et se dessèche en se refroidissant. Le mieux est de ne faire les coupes qu'un jour ou deux après l'inclusion.

Si l'on a affaire à des objets mous, on procède de la même manière; mais, pour bien maintenir ces objets, il est bon de couler, autour de la masse précédente, de la paraffine, qui fait parfaitement corps avec elle.

Divers reproches ont été faits à la paraffine et à la celloïdine. La paraffine

(1) Berichte der deutschen botan. Gesellsch. (1887).

(2) *Masse d'inclusion au savon. Application à la Botanique et à la matière médicale* (Journal de Botanique, 3e année n° 5, p. 87, 1889).

est très difficile à chasser complètement; quelquefois, elle forme une masse crevassée irrégulière; en outre, quand un dissolvant l'a fait disparaître, les diverses parties de la coupe, qui sont parfois indépendantes, mais que l'on voudrait maintenir groupées, risquent de s'écarter les unes des autres. La celloïdine qui, elle, reste dans les coupes, n'a pas ces inconvénients, mais c'est un désagrément d'avoir toujours à couper dans l'alcool, et elle ne permet pas de faire des coupes aussi fines que la paraffine. M. Kultschizky (1) a pensé réunir les avantages de ces deux substances, et supprimer leurs inconvénients respectifs, en les employant toutes deux. Voici par quelle série de liquides il fait passer les objets étudiés :

1° Les objets durcis à l'alcool sont placés quelques heures dans un mélange d'alcool et d'éther; 2° vingt-quatre heures dans une solution de celloïdine; 3° dans de l'huile d'origan; 4° dans un mélange de paraffine et d'huile d'origan à 40°; 5° dans la paraffine fondue. D'après l'auteur, on obtient des coupes aussi minces que dans la paraffine pure, et la paraffine chassée, la celloïdine maintient réunies les parties que l'on veut conserver groupées.

Un autre inconvénient de la paraffine, c'est que souvent, quand on ajoute la térébenthine, les coupes très minces s'enroulent sur elles-mêmes, et il est très difficile de les dérouler sans les endommager. M. Aievoli (2) a constaté que si l'on transporte ces coupes de la térébenthine dans du phénol, elles se déroulent elles-mêmes, et viennent nager à la surface du liquide. On peut les prendre et les traiter comme à l'ordinaire. D'ailleurs, on peut les laisser dans le phénol presque un jour entier sans inconvénient.

b. — **Colorations et imprégnations.**

L'emploi des réactifs colorants est d'un usage constant dans la technique botanique. Aussi le nombre de ces réactifs s'augmente-t-il tous les jours; nous dirons même que la manière de préparer un même réactif varie avec les divers auteurs. Chaque travailleur a en quelque sorte sa méthode, que naturellement il déclare supérieure à toutes les autres. Assurément, certains réactifs peuvent être préférables à d'autres, et tel mode de préparation supérieur à tel autre. Cependant nous pensons dans bien des cas, ce qui fait les qualités d'un réactif, c'est l'habitude que l'on a de s'en servir, et le plus souvent, la qualité ou la valeur des résultats que fournit une méthode est proportionnelle à l'habileté de celui qui l'emploie.

On connaît les principaux réactifs indiqués pour colorer les diverses parties du noyau et étudier sa division : safranine, violet de gentiane, etc. Mentionnons, cependant, la méthode de MM. Martinotti et Resegotti (3), qui consiste à placer les coupes préalablement durcies dans une solution aqueuse ou alcoolique faible de violet de méthyle, et de là dans une solution alcoolique d'éosine, où elles restent une à deux minutes; puis laver à l'alcool et monter à la manière habituelle.

Rappelons aux lecteurs de cette Revue le procédé employé par M. Gui-

(1) *Zur histologischen Technik* (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., vol. IV p. 48, 1887).

(2) Rivista internaz. Med. et Chir. V, p. 101-104 (Napoli).

(3) *Ulteriori esperienze sulla colorazione delle figure cariocinetiche* (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., vol. V, p. 320, 1888).

GNARD (1), dans son travail sur les anthérozoïdes. M. Guignard fixe le contenu des cellules par les vapeurs d'acide osmique, puis durcit par l'alcool. Pour colorer, il dissout ensemble, dans l'eau, de la fuchsine et du vert de méthyle, de façon à obtenir un liquide violet foncé, qu'il acidule très légèrement avec de l'acide acétique. Ce mélange colore le noyau en bleu tirant sur le vert, et le protoplasma en rose vif.

Dans les méthodes de *coloration* proprement dites, la substance colorante est préalablement dissoute dans les liquides où l'on place les objets. Dans les méthodes d'*imprégnation*, on donne naissance à un précipité chimique coloré, en faisant réagir l'un sur l'autre deux corps différents, et c'est ce précipité qui se dépose sur les objets et les colore.

Pour l'imprégnation en noir des tissus jeunes, M. Flot emploie les deux procédés suivants :

1° *Perchlorure de fer et tannin.* — On prépare d'abord une solution concentrée de perchlorure de fer, puis une solution concentrée de tannin dans l'alcool, jusqu'à consistance sirupeuse. Dans un verre de montre on dépose deux gouttes de tannin, dans un autre trois à quatre gouttes de perchlorure de fer, et l'on remplit d'eau distillée. La coupe, préalablement traitée par l'hyposulfite de soude et lavée, est placée une minute dans le tannin, puis passée légèrement à l'eau et portée dans le perchlorure. Elle prend immédiatement une forte coloration noire. Par suite d'un excès de tannin, il peut se produire un précipité noir assez abondant, mais il se dissout au bout d'un instant. Dès que la coloration s'est produite, on porte la coupe dans l'eau et on l'y laisse cinq minutes. Puis on la monte suivant les procédés ordinaires.

2° *Sulfate de cuivre, bichromate de potasse et extrait de bois de campêche.* On prépare deux solutions à 10 p. 100, l'une de sulfate de cuivre, l'autre de bichromate de potasse ; dans un même verre de montre, on place cinq à six gouttes de chaque solution, et l'on remplit avec de l'eau distillée. Dans un autre verre de montre, on met une solution concentrée d'extrait de campêche. On place la coupe dans le campêche jusqu'à coloration, c'est-à-dire environ cinq minutes. On la porte ensuite dans le mélange de sulfate de fer et de bichromate. Il se produit immédiatement une coloration noire.

Ces deux procédés donnant des colorations noires sont, le premier surtout, extrêmement précieux pour la microphotographie.

Les coupes faites et colorées, si l'on veut conserver la préparation, on la monte dans diverses substances. On peut employer un liquide tel que l'acétate de potasse ou la glycérine, pure ou légèrement acidulée par l'acide acétique. Dans ce cas, il faut clore la préparation avec un vernis ou de la paraffine, ou du baume de Canada, etc. Il est en général préférable d'employer une substance qui devient solide au bout d'un certain temps, par exemple le baume de Canada dissous dans la benzine ou l'essence de girofle. M. Martinotti a recommandé récemment, comme devant être quelquefois préférée, la *résine Dammar dissoute dans le xylol* (2). La solution se fait de la façon

(1) *Développement et constitution des anthérozoïdes* (Revue générale de Botanique, t. I, p. 19, 1889).
(2) Malpighia, 1888, p. 270.

suivante : on mélange 40 grammes de résine Dammar avec 40 grammes de xylol ; on laisse reposer trois ou quatre jours à la température ordinaire, puis on filtre et l'on évapore la solution au bain-marie, jusqu'à ce que le poids soit réduit à environ 45 grammes. Ceci, afin que la proportion de xylol soit aussi faible que possible, qu'il n'y en ait que juste ce qui est nécessaire pour dissoudre la résine. On obtient de la sorte un liquide légèrement jaunâtre, mais bien transparent. En ajoutant un peu de térébenthine, on fait complètement disparaître cette coloration.

c. — Réactifs microchimiques divers.

C'est surtout pour l'étude de la nature chimique des diverses parties constituantes de la cellule, et leur mode de développement et de croissance, que l'emploi des réactifs colorants peut rendre de grands services.

La structure et le mode de développement de la membrane sont beaucoup étudiés depuis quelques années. Le *rouge Congo* a été indiqué par M. Klebs (1) comme servant à colorer les jeunes couches cellulosiques de la membrane. Mais M. Heinricher (2) a fait observer que cette réaction ne pouvait pas servir à caractériser la cellulose, attendu que le rouge congo colore également diverses matières mucilagineuses.

M. Sauvageau (3) distingue les diverses couches de la membrane cellulaire dans la tige du *Naias major* par le procédé suivant : il traite les coupes par l'acide sulfurique concentré, les parois cellulosiques disparaissent presque instantanément et il ne subsiste que les portions de membranes cuticularisées bordant les méats, et les lamelles moyennes de ces mêmes membranes. A l'acide sulfurique on ajoute ensuite assez de fuchsine pour obtenir une coloration brun foncé et c'est dans une goutte de ce liquide qu'on place la coupe pour l'examen microscopique. Alors d'un côté du couvre-objet on met quelques gouttes d'eau et on aspire de l'autre côté, non avec du papier buvard ordinaire trop attaquable par l'acide sulfurique, mais avec du papier d'amiante. L'eau dilue peu à peu l'acide et les parties restantes de la préparation se colorent en rose.

On peut encore traiter directement les coupes comme l'a indiqué M. Schaarschmidt par l'acide sulfurique et l'éosine ; les parois cellulaires se gonflant, on distingue très nettement les lamelles moyennes des cloisons et les revêtements cuticulaires. Si ensuite on plonge, comme le fait M. Sauvageau, les coupes quelques instants dans l'hématoxyline à l'alcool, « le protoplasme conserve la couleur rose que lui a donnée l'éosine, la cellulose devient violet clair, et les revêtements cuticulaires, les coins et les lamelles moyennes sont colorées en violet foncé.

M. Mangin, remarquant que le chloroiodure de zinc, par suite de sa composition assez variable, donne avec la cellulose des résultats également va-

(1) *Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle* (Unters. a. d. Bot. Institut. Tübingen, vol. II, p. 489).

(2) *Ist das Congoroth als Reagenz auf Cellulose brauchbar?* (Zeitschr. f. wissensch, Mikrosk., etc., vol. V, p. 343).

(3) *Sur un cas de protoplasme intercellulaire* (Journal de botanique, p. 400, 2e année, 1888).

riables, a étudié l'action sur la cellulose de divers chlorures ou acides en présence de l'iode (1). Les réactifs qu'il considère comme les meilleurs sont l'*acide phosphorique iodé*, le *chlorure de calcium iodé*, le *bichlorure d'étain iodé*. Voici, par exemple, les indications de l'auteur, relatives à la préparation du premier de ces réactifs : « On prend de l'acide phosphorique pur cristallisé, et on l'additionne d'un tiers ou d'un quart de son volume d'eau; au bout de quelques minutes, la dissolution est complète; on ajoute alors quelques cristaux d'iodure de potassium et une ou deux paillettes d'iode, de manière à obtenir un liquide ayant la teinte du rhum ou du curaçao. » En faisant varier la quantité d'eau, on a des liqueurs diversement concentrées. Ces liqueurs colorent la cellulose en bleu ; en mettant une plus grande quantité d'iode, la coloration est violet noir, et tourne au bleu, si l'on ajoute sous la lamelle de l'acide phosphorique incolore.

Le chlorure de calcium iodé, que l'on doit conserver à l'abri de la lumière, donne à la cellulose une coloration rose qui vire au violet au bout de quelques heures. Le bichlorure d'étain iodé colore la cellulose en bleu.

Depuis que M. Wiesner a émis l'opinion que la membrane contient des substances albuminoïdes, bien des travaux ont été faits sur cesujet (2). Nous sortirions de notre sujet en les analysant; disons seulement que de tous les réactifs des matières albuminoïdes, le meilleur paraît être le réactif de Millon, qui colore en rouge foncé les substances albuminoïdes.

Le tannin, comme les albuminoïdes, est un corps qui est très difficile à caractériser au moyen d'une réaction unique. Aussi a-t-on fait des objections variées aux divers réactifs qui ont été indiqués pour le reconnaître dans les cellules (sels de fer, chloromolybdate d'ammoniaque, acétate de cuivre, etc.). M. Brœmer a étudié avec soin (3) l'action de diverses substances sur le tannin et les corps, soit voisins du tannin, soit résultant de sa décomposition, tels que le quercitrin, la catéchine, l'acide gallique, etc. Le réactif qu'il préfère est composé de la façon suivante : *tungstate de soude*, 1 gramme ; *acétate de soude*, 2 grammes; eau distillée, quantité suffisante pour 10 centimètres cubes. Ce réactif donne une teinte jaunâtre avec les albuminoïdes et les diverses substances voisines du tannin et citées plus haut, mais pas de précipité, tandis qu'avec le tannin il produit un précipité jaune paille, insoluble dans l'eau.

L. Dufour.

(*A suivre.*)

(1) *Sur les réactifs iodés de la cellulose* (Bull. de la Soc. Bot. de Fr., 1888, p. 421).

(2) Krasser : *Untersuchungen über das Vorkommen von Eiweiss in der pflanzlichen Zellhaut, nebst Bemerkungen über den mikrochemischen Nachweiss der Eiweisskörper* (Sitzb. d. Acad. d. Wis., Wien, vol. XCIV, p. 118, 1886). — Fischer : *Zur Eiweissreaction der Zellmembran* (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. vol. V, p. 23. 1887). — Klebs : *Einige Bemerkungen zu der Arbeit von Krasser « Untersuchungen, etc. »* (Bot. Ztg., 1887). — Krasser : *Ueber den mikrochemischen Nachweiss, von Eiweisskörpern in der pflanzlichen Zellhaut* (Bot. Ztg., 1888). — Wiesner : *Ueber den Nachweiss der Eiweisskörper in den Pflanzenzellen* (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., vol. VI, p. 187, 1888).

(3) *Un nouveau réactif histochimique des tannins* (Société des sciences naturelles de Toulouse, séance du 23 janvier 1889).

LES TUMEURS A BACILLES

DES

BRANCHES DE L'OLIVIER ET DU PIN D'ALEP

Par M. Ed. PRILLIEUX

Les travaux modernes faits sous l'impulsion de M. Pasteur ont prouvé qu'un grand nombre de maladies de l'homme et des animaux sont dues à la pénétration dans l'organisme de diverses sortes de Bactéries; dans le règne végétal, l'action pathogène des Bactéries paraît beaucoup plus limitée, mais on connaît déjà cependant quelques altérations spéciales d'organes végétaux vivants dues au parasitisme de ces petits êtres.

C'est en Amérique que l'on signala pour la première fois une maladie de plante causée par une Bactérie. La gangrène du Poirier (*pear blight*), maladie répandue dans la plus grande partie des États-Unis où elle cause, paraît-il, de grands dégâts, y a été depuis longtemps étudiée; dès 1845 on avait reconnu qu'elle est contagieuse, mais ce n'est que plus tard que Burill signala comme cause spéciale du mal l'infection des tissus vivants de l'écorce des poiriers et des pommiers par une Bactérie qu'il a nommée *Micrococcus amylovorus* (1). Cette maladie n'a jamais, jusqu'ici, été observée en Europe.

Le premier cas constaté dans notre pays d'une altération d'organe végétal due à une Bactérie est celle du blé pourpre

(1) Arthur : *History and biology of pear blight. — Proceedings of the Philadelphia. Acad. of. nat. sc.*, 1886.

dont les grains sont, dans l'épi, corrodés par des colonies de Micrococcus qui, pénétrant par la fente du grain, se creusent dans l'albumen de grandes lacunes, tout en sécrétant une matière colorante qui teint en rouge pourpre le gluten et les autres matières albuminoïdes contenues dans les cellules (1).

Une autre maladie due à des Bactéries est celle que l'on nomme le Jaune des Jacinthes; elle a été très bien étudiée et décrite par M. Wakker (2). Il a montré que c'est une Bactérie, qu'il a nommée *Bacterium Hyacinthi*, qui la produit en pénétrant dans l'intérieur de la feuille et de l'oignon ; elle s'y creuse des lacunes que remplit un mucilage jaune où se trouvent, outre les Bactéries, des cellules isolées et des débris de spirale provenant de la paroi des vaisseaux.

Dans diverses maladies où la désorganisation des tissus est accompagnée de production de gomme, M. Comes a signalé des Bactéries comme causes du mal pour le Figuier, la Tomate, etc. (3). Il attribue même d'une façon générale la maladie de la gomme à une Bactérie (*Bacterium gummis*), mais ces faits ne me paraissent pas sûrement établis.

Des Bactéries pénétrant dans l'écorce de l'Olivier et du Pin d'Alep y sont la cause de formation de tumeurs ligneuses qui nuisent notablement à la végétation des arbres et ont, celles de l'Olivier surtout, une importance considérable pour les cultivateurs de la région méditerranéenne. L'étude de la formation et de la structure de ces tumeurs offre un intérêt tout spécial pour la pathologie végétale.

I

En maintes localités du midi de la France, comme aussi en Italie et en Espagne, on voit souvent les branches des Oliviers

(1) Prillieux : *Sur la coloration et le mode d'altération des grains de blé roses.* Ann. d. sc. nat. Botan., 6e série, t. VIII, 1878.

(2) Wakker : *Contribution à la pathologie végétale. La maladie du jaune.* — Extr. des *Archives néerlandaises*, t. XXIII.

(3) Comes : *Nella gommosi manifestata si nei Fichi del Cilento.* — *Atti del R. Istituto d'incorragiamento*, 3e série, vol. III, n° 7, 1884.

se couvrir de corps assez irréguliers de forme, bien qu'en général à peu près sphériques, mais crevassés, divisés souvent en lobes par de profondes et larges fentes, et offrant au milieu un creux profond produit par la décomposition du tissu de la tumeur qui est morte au centre, tandis que ses bords croissent encore et se contournent de façon à se rapprocher au-dessus de la cavité. Ces tumeurs sont lignifiées ; elles se dessèchent complètement d'assez bonne heure et entraînent alors la mort au moins partielle du rameau qui les porte.

Cette maladie de la loupe de l'Olivier, que les Italiens désignent sous le nom de « Rogna » (gale), est une cause d'épuisement de l'arbre qu'elle atteint. Elle fait souvent beaucoup de mal dans les Olivettes où elle se développe.

Cette altération de la végétation normale des Oliviers a été rapportée à des causes fort diverses. Beaucoup d'auteurs ont avec Bernard (1) regardé les loupes de l'olivier comme dues à des plaies faites par des insectes, comme des sortes de galles différant des vraies galles en ce qu'elles ne contiennent pas de larves. D'autres les ont attribuées à une taille excessive ou faite dans une saison défavorable, à une surabondance de sève, à des blessures faites pendant la récolte des olives, à des coups de grêle, à la pluie suivie de coups de soleil, à des vents humides, à la nature marneuse du sol, à des irrigations faites d'une façon défectueuse, à la dégénérescence gommeuse des bourgeons, etc. (2).

M. Arcangeli, le premier, je crois, remarqua dans les loupes de l'Olivier la présence de Bactéries (3). Peu après M. Savastano (4) annonçait, dans une note présentée à l'Académie des Sciences, que des Bactéries doivent être regardées comme la cause véritable de la maladie de la loupe de l'Olivier qu'il a

(1) Bernard : *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle de l'Olivier*. Marseille, 1787, p. 293.

(2) Voir l'historique très complet donné par M. Savastano : *Tuberculosi Iperplasie e Tumori dell 'Olivo*. Extrait de l'*Annuario della R. Scuola sup. d'agricoltura in* Portici vol. V, fasc. IV, 1887.

(3) Arcangeli : *Sopra la malattia dell' Olivo detta volgarmente « Rogna »*. Pise, 1886.

(4) Savastano : Compt. rend. de l'Acad. d. sc., t. CIII, p. 144.

depuis désignée sous le nom de tuberculose de l'Olivier.

D'autre part, à Nancy, M. Vuillemin, étudiant il y a peu de temps des tumeurs développées sur les branches du Pin d'Alep aux environs de Nice, y reconnaissait aussi des colonies de Bacilles. Il m'a paru intéressant d'étudier comparativement ces productions. Grâce à l'obligeance de mon ancien élève de l'Institut agronomique, M. Gos, aujourd'hui professeur départemental d'agriculture des Alpes Maritimes, j'ai reçu de nombreux échantillons de tumeurs d'Olivier et de Pin à divers états de développement, et j'ai pu y observer comment les colonies de Bacilles sont logées dans ces loupes, et quelle action tout à la fois destructive et irritante exercent ces petits êtres qui font naître les excroissances et finissent par les faire mourir.

Si on prend sur un jeune rameau chargé d'olives un petit tubercule dont le diamètre atteint au plus 2 millimètres, on voit, en l'examinant à la loupe, qu'il est à peu près hémisphérique, mais avec une surface un peu inégale et comme mamelonnée. La croissance du petit corps ne se fait pas d'une façon bien régulière, elle est plus active en certaines places. En deux ou trois points, près du sommet, on voit que le tissu est déjà brun et mortifié ; il se dessèche, et là déjà des crevasses commencent à se former à sa surface. Une coupe longitudinale montre bien que la petite tumeur n'est plus vivante à son sommet : au-dessous de quelques assises de cellules brunes et desséchées on trouve une ou plusieurs lacunes irrégulières communiquant les unes avec les autres et bordées de tissu mort. Elles contiennent une matière opaque, blanche, qui n'est autre chose qu'un grand amas de Bacilles, où on ne peut distinguer d'une façon marquée cette séparation en petites colonies globuleuses distinctes qui est si nette dans les tumeurs du Pin d'Alep. A cela près, les Bacilles de l'Olivier ont sensiblement la même taille et la même forme que ceux du Pin.

Au-dessous et sur les côtés de la masse du tissu mort qui occupe le sommet du jeune tubercule et s'enfonce plus profondément vers le milieu, le reste de la tumeur végète encore fort activement ; il est formé d'un parenchyme fort analogue à celui

qui constitue les bourrelets qui se produisent à la base des boutures. Il est composé de cellules qui ont une des parois assez minces et sont remplies d'un plasma granuleux; çà et là se montrent aussi des cellules sclèreuses à parois épaisses et ponctuées qui se colorent fortement en jaune par le sulfate d'aniline. Ce tissu, qui constitue toute la masse de la tumeur, peut être formé par la prolifération des éléments de toutes les couches du jeune rameau depuis la zone subérifiée jusqu'au cambium. Les couches de collenchyme de l'écorce y prennent toujours une importante part, elles produisent seules, parfois, toute la jeune tumeur, mais bien souvent aussi on voit, dans toute la portion située au-dessous des faisceaux de fibres libériennes qui, sur une coupe transversale, forment une ligne circulaire bien apparente dans les parties non altérées, les éléments devenir le siège d'une prolifération d'une extrême intensité et produire du parenchyme traumatique qui, en se multipliant, relève la zone de fibres libériennes, la rompt et se perd avec le parenchyme de la couche corticale dans la masse de la tumeur qui s'étend alors depuis le tissu mort qui en occupe le sommet et où on voit les lacunes occupées par les premières colonies de Bacilles, jusqu'au bois.

Çà et là, au-dessous de la partie desséchée on voit dans le tissu bien vivant du jeune tubercule de petites colonies nouvelles de Bacilles. On en trouve en quantité de très petites correspondant à trois, quatre cellules seulement du tissu de la tumeur qui ont été corrodées et détruites. Sur les bords des cavités qu'occupent les Bacilles et qui sont irrégulièrement limitées par les cellules plus ou moins attaquées, et au milieu même des nuées de Bacilles, on voit encore des débris des cellules déjà presque entièrement rongées.

Les lacunes s'agrandissent fort irrégulièrement en corrodant les cellules contiguës; elles forment souvent des sortes de ramifications qui pénètrent plus ou moins profondément dans le tissu de la tumeur. En outre, de petites lacunes d'abord isolées peuvent en grandissant se joindre et se confondre plusieurs ensemble. C'est ainsi que se sont formées au sommet de la tumeur jeune et encore entièrement composée de parenchyme, les

grandes lacunes qui s'enfoncent de plus en plus dans le centre du petit corps charnu.

Autour des lacunes les cellules sont mortes ; leurs parois sont colorées en jaune, mais, à quelque distance au delà, l'activité vitale du tissu de la jeune tumeur est à son comble ; les cellules toutes remplies de plasma s'y multiplient rapidement. Tandis que les parties supérieures sont déjà mortes et desséchées, et que la désorganisation pénètre profondément dans les parties centrales, le tissu mortifié se trouve entouré d'une sorte de bourrelet de tissu hypertrophié dont la croissance est très excitée par l'action irritante qu'exerce à distance la corrosion produite par de nombreuses colonies de Bacilles. C'est ainsi que les tumeurs prennent souvent de bonne heure la forme qui les a fait comparer par M. Savastano à de petits cratères.

Les tumeurs ne restent pas longtemps formées seulement d'un parenchyme analogue à celui qui constitue les bourrelets à leur première apparition ; bientôt elles se lignifient, en produisant des faisceaux sinueux de bois traumatique à cellules courtes, qui s'enroulent autour de centres de formation. Ils apparaissent çà et là dans la masse du parenchyme, au voisinage des points où se montrent les colonies de bacilles. Ces enroulements de fibres ligneuses sont tout à fait comparables à ceux des madrures des bourrelets qui se produisent au bord des plaies des arbres, et au plancher ligneux qui s'organise dans la moelle, à la base de certaines boutures.

Dans les tumeurs qui ont un peu grossi et qui se sont lignifiées, on voit souvent de nombreuses colonies de Bacilles répandues au milieu du tissu ligneux spécial qui s'y est formé. Elles le corrodent, du reste, à peu près comme les cellules du parenchyme, bien que moins rapidement. Ces nodules ligneux ne forment jamais toute la tumeur ; ils sont englobés dans une masse qui reste parenchymateuse. D'autre part, au contact du bois du rameau, dans la partie profonde de la tumeur, il se produit aussi une lignification de bois traumatique qui, reposant sur le bois du rameau, s'épanouit en gerbe dans l'intérieur de la tumeur, pour se joindre aux nodules ligneux.

Ce sont les bords de la tumeur qui prennent ce grand développement, tandis qu'elle est morte au cœur; mais comme ils sont eux-mêmes envahis aussi par des colonies de Bacilles, ils croissent d'une façon fort inégale, se contournent, se crevassent, se divisent en lobes, et finalement se dessèchent.

Le dessèchement des tumeurs entraîne la mort, au moins d'un côté du rameau sur lequel elles sont développées, et par suite, la végétation des arbres dont les branches sont couvertes de ces tubercules devient de plus en plus languissante. C'est ainsi que le bacille de l'Olivier est en fait un redoutable parasite, qui cause aux cultivateurs de graves dommages.

M. Savastano a très bien montré l'influence notable que la taille, la fumure et l'irrigation peuvent exercer sur le développement de la maladie. Les causes diverses qui augmentent la puissance de la végétation favorisent le développement des loupes de l'Olivier. Dans les terrains fertiles et bien fumés, la maladie se montre plus développée que sur les collines sèches.

Les blessures et la taille surtout de l'Olivier ont, sur les progrès du mal, une influence considérable; elles ne font pas naître des tumeurs sur un Olivier non infecté, mais elles en font apparaître un bien plus grand nombre sur un arbre déjà atteint. C'est ce qui paraît ressortir d'expériences assez nombreuses que rapporte M. Savastano. La taille énergique, c'est-à-dire la suppression d'une partie du feuillage, produit sur les arbres infectés l'abondante production de nouveaux tubercules, et l'accroissement de ceux qui étaient déjà formés.

Les tumeurs à bacilles de l'Olivier se produisent assez souvent sur les très jeunes bourgeons, sur les cicatrices de feuilles, et tout particulièrement sur les bourrelets qui se forment à la suite des blessures; cependant, elles apparaissent le plus ordinairement sur un point quelconque des jeunes rameaux, tantôt solitaires, tantôt en groupes, et elles prennent des développements fort divers, les unes restant petites et se desséchant sans grossir, les autres atteignant et dépassant même le volume d'une noix, tout en se fendant en lobes irréguliers.

II

C'est dans les Alpes-Maritimes, où les massifs boisés en Pin d'Alep atteignent une étendue d'environ 2,600 hectares, que l'on a remarqué, sur des arbres dépérissants de cette espèce, l'apparition constante de nombreuses tumeurs ligneuses sur les branches. Une notice à ce sujet a été publiée dans le *Bulletin de la Société d'agriculture de Nice*, par M. des Chênes, inspecteur-adjoint des forêts, qui a tout particulièrement signalé un peuplement forestier de 22 hectares, à Coaraze, comme menacé par la maladie d'une destruction complète. C'est de cette même localité de Coaraze que j'ai reçu les nombreux échantillons qui m'ont permis d'étudier comparativement ces tumeurs du Pin d'Alep avec celles de l'Olivier.

La production des loupes du Pin d'Alep n'a été jusqu'ici constatée, à ma connaissance, que dans un petit nombre de localités ; elle est loin d'avoir, au point de vue pratique, une importance égale à celle des loupes de l'Olivier, mais il n'en est pas moins intéressant de comparer la structure et le mode de formation de ces deux espèces de tumeurs, entre lesquelles il y a une analogie frappante.

Les tumeurs ligneuses du Pin d'Alep sont plus grosses, plus rondes, beaucoup moins profondément crevassées et lobées que celles de l'Olivier ; la vie s'y maintient plus longtemps ; il ne s'y produit pas cette destruction précoce de la partie centrale, qui donne aux petites loupes de l'Olivier l'aspect de cratères ; mais, à part ces légères différences, la similitude entre elles est à peu près complète. Les unes et les autres sont dues au parasitisme de Bacilles qui sont, non pas identiques, je crois, mais fort voisins. Ils ont sensiblement la même taille, et se colorent de même assez difficilement par les diverses matières colorantes que l'on emploie d'ordinaire pour faciliter l'examen des Bactéries ; mais ce qui caractérise bien le bacille du Pin d'Alep, c'est qu'il forme, à l'intérieur du tissu, de petites boules zoogléiques bien distinctes, que l'on trouve réunies en grand nombre dans les lacunes

que les colonies se creusent dans les tumeurs, tandis que, dans l'Olivier, cette division en petites masses séparées ne s'observe pas.

C'est M. Vuillemin qui a, le premier, fait l'anatomie des tumeurs de Pin d'Alep, et reconnu leur véritable nature (1). Il a très bien vu et décrit les colonies de Bacilles qui s'y trouvent, mais il a donné, sur la façon dont ces petits parasites s'introduisent dans les rameaux du Pin, et sur le mode de formation des tumeurs qu'ils font naître, des explications d'après lesquelles la genèse des tumeurs du Pin d'Alep différerait beaucoup de celle que j'ai observée pour les loupes de l'Olivier.

Il pense que presque toujours les Bacilles pénètrent par des piqûres d'insecte jusqu'au cambium, et qu'alors l'assise génératrice mortifiée devient le point de départ de tout un système de canaux ramifiés, à l'intérieur desquels sont enfermées les colonies de Bacilles.

L'étude que j'ai faite des jeunes tumeurs que j'ai reçues de Coaraze m'a conduit à une opinion toute différente ; j'ai retrouvé sur le Pin des faits absolument comparables à ceux que j'avais observés sur l'Olivier.

J'ai vu, il est vrai, sur les jeunes rameaux du Pin d'Alep, un grand nombre de fines piqûres d'insecte ; je ne doute pas qu'elles soient parfois le lieu de formation de tumeurs, comme le sont toutes les blessures sur les rameaux de l'Olivier ; mais, dans tous les cas que j'ai observés, ce n'était pas dans le cambium qui était desséché au fond de la piqûre, mais dans le tissu de l'écorce voisin du petit canal, que se trouvaient des lacunes remplies de Bacilles, et ces lacunes ne paraissaient pas se rattacher à un système régulier de canaux. Je dois ajouter que, sur des jeunes tumeurs, il m'a été impossible de distinguer la moindre trace de perforation, ni même de crevasses, au sommet de la masse du tissu où se trouvaient çà et là des lacunes plus ou moins grandes, plus ou moins ramifiées, et qui m'ont paru être tout à fait analogues à celles de l'Olivier.

(1) Vuillemin : *Sur une Bactériocécidie ou tumeur bacillaire du pin d'Alep* (Compt. rend. de l'Acad. des sc., 26 novembre 1888). — *Sur les relations des bacilles du pin d'Alep avec les tissus vivants* (Compt. rend. de l'Acad. d. sc., 31 décembre 1888).

Je crois que, dans le Pin d'Alep comme dans l'Olivier, les Bacilles pénètrent jusque dans l'écorce par une voie quelconque, et il n'en doit pas manquer pour des êtres d'une si excessive ténuité; les stomates, les lenticelles leur sont de larges ouvertures. Les Bacilles du Pin ont, comme ceux de l'Olivier, la faculté de corroder les cellules entre lesquelles ils se glissent, et par suite de creuser, dans les tissus où ils parviennent, des lacunes dans lesquelles ils se multiplient et forment des amas de zooglées.

Sous l'influence irritante causée par la corrosion de ces Bacilles, tous les tissus voisins du premier foyer se sont multipliés outre mesure, et une petite excroissance cellulaire s'est formée; puis, sous l'action multipliée de causes semblables, elle s'est de plus en plus développée, les Bacilles s'échappant du foyer primitif et allant former des colonies nouvelles plus loin dans le tissu de la jeune tumeur qui grandit toujours, et où, peu à peu, les tissus se différencient d'une façon tout à fait analogue à celle que j'ai décrite plus haut dans les loupes de l'Olivier. — Il se produit, dans les tumeurs à bacilles du Pin, comme dans celles de l'Olivier, des nodules ligneux à fibres pelotonnées au milieu du parenchyme de l'excroissance, tandis que, d'autre part, du bois traumatique s'organise et se lignifie à sa base, en rayonnant à partir du bois du rameau; il prend un grand développement et est fort envahi par des colonies de Bacilles, qui se multiplient de préférence dans les rayons médullaires, dont les cellules deviennent le lieu d'une active prolifération.

La production de jeunes cellules autour des lacunes creusées par les colonies de Bacilles est notablement plus grande dans le Pin que dans l'Olivier. Chaque lacune observée dans une tumeur déjà un peu développée est entourée d'une sorte d'auréole formée par de nombreuses petites cellules encore fort jeunes, toutes remplies d'un plasma granuleux, et contenant de très gros noyaux. Ces jeunes cellules deviennent bientôt la proie des Bacilles, leurs parois sont attaquées et dissoutes, et on en trouve les débris, et surtout les masses de plasma, non encore entièrement consommées, soit enfoncées dans la masse même des zooglées,

soit, le plus souvent, entassées contre les bords de la lacune où les Bacilles se multiplient.

Les tumeurs à bacilles de l'Olivier et du Pin ont donc, en somme, une organisation fort semblable. Elles sont les seuls exemples connus jusqu'ici de déformations, d'hypertrophies produites dans des plantes par des bactéries. Toutefois, il me semble que l'action des bacilles de ces tumeurs n'est pas essentiellement différente de celle des autres bactéries qui ont été déjà signalées dans des organes végétaux vivants. Leur action est toujours corrosive et destructive, comme celle du Micrococcus chromogène du Blé pourpre, comme la Bactérie de la maladie du jaune de la Jacinthe; s'il n'y a d'hypertrophie ni dans les grains de Blé ni dans les feuilles ou les bulbes des Jacinthes, autour des lacunes creusées par les bactéries, c'est que jamais, à la suite de blessures, il ne se forme de bourrelets, ni sur les grains brisés ni sur les feuilles ou les oignons entamés par une incision, tandis qu'il en peut être tout autrement à la suite de lésions faites à de jeunes rameaux. C'est parce que les tissus des pousses de l'Olivier et du Pin d'Alep sont capables de s'hypertrophier sous l'influence irritante d'une blessure que, quand les colonies de Bacilles en corrodent les cellules et y creusent des lacunes, il se forme autour d'elles des renflements d'une structure fort analogue, du reste, à celle des bourrelets cicatriciels.

L'action des divers Bacilles parasites observés jusqu'ici dans les plantes vivantes est toujours essentiellement la même : ils corrodent les tissus et s'y creusent des cavités où ils se multiplient, et d'où partent des essaims qui vont former des colonies nouvelles et porter plus loin la destruction. La production de tumeurs autour des colonies de Bacilles dépend de la nature de l'organe attaqué, de la propriété qu'il a de réagir contre la corrosion produite, et non d'un mode tout spécial d'action de ces Bactéries.

INFLUENCE

DES

AGENTS EXTÉRIEURS

SUR

L'ORGANISATION POLAIRE ET DORSIVENTRALE DES PLANTES

Par M. L. KOLDERUP ROSENVINGE

(*Fin.*)

3° Expériences sur les papilionacées.

Dans les Papilionacées à feuilles alternes, les pousses sont très souvent dorsiventrales. La différence entre les deux côtés consiste surtout en ce que les inflorescences, qui sont les pousses primaires, sont toutes repoussées vers la même face de la pousse, *la face florale*, tandis que les bourgeons secondaires sont repoussés vers la face opposée (1). Généralement l'organisation dorsiventrale des pousses se manifeste aussi dans les feuilles ; les stipules de la face florale sont plus grandes ou plus divisées et souvent insérées plus bas que les stipules de la face opposée. Si les feuilles sont pennées, les folioles sont souvent alternes, et l'inférieure se trouve alors toujours vers la face florale.

L'organisation dorsiventrale ne commence chez quelques espèces que dans la région florale, chez d'autres elle se montre dès la région végétative.

(1) On sait que les Papilionacées ont généralement à chaque aisselle plusieurs bourgeons disposés en zigzag. La première feuille de chaque bourgeon se trouve au point le plus éloigné du bourgeon suivant. Dans la partie florale, la première feuille de tous les bourgeons primaires se trouve donc vers la face florale.

Dans les rameaux latéraux, la face florale est toujours la face ventrale, c'est-à-dire celle qui, à l'état jeune, est tournée vers l'axe mère ; cela est dû exclusivement, comme j'ai pu le constater pour plusieurs des espèces étudiées, à des causes intrinsèques.

J'ai constaté aussi pour toutes les espèces étudiées que l'organisation dorsiventrale est irrévocable; en fixant des pousses dans la position inverse par rapport à la lumière et à la pesanteur, on n'obtient jamais un renversement de la dorsiventralité.

Les expériences suivantes ont été faites pour reconnaître si l'organisation dorsiventrale de la pousse primaire peut être déterminée par la lumière ou par la pesanteur.

1° *Expériences faites sur l'Anthyllis tetraphylla.*

L'organisation dorsiventrale des pousses de cette plante se

Fig. 29. — *Anthyllis tetraphylla.* — Partie d'une pousse florale. Les inflorescences des deux aisselles inférieures ont été enlevées ; dans l'avant-dernière aisselle, la première feuille (*b'*) de l'inflorescence est restée.

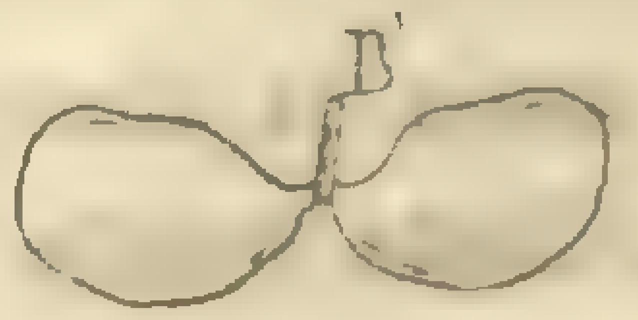


Fig. 30. — *Anthyllis tetraphylla.* Plantule. La première feuille (B') ne s'est pas encore épanouie.

manifeste surtout dans les feuilles ; les pousses sont décombantes et portent des feuilles alternes qui sont insérées obliquement, de sorte que leurs faces supérieures sont tournées obliquement vers la face supérieure de la pousse. Les feuilles ont quatre fo-

lioles dont une terminale, deux se trouvent du côté tourné vers la face supérieure de la pousse, et la quatrième, qui est la plus petite, du côté opposé. La première feuille des bourgeons axillaires (b', fig. 29) se trouve vers la face supérieure de la pousse mère, et les bourgeons (les inflorescences) sont repoussées un peu vers cette face qui est ainsi une face florale.

L'organisation dorsiventrale de l'axe primaire se montre de bonne heure, pourtant après la germination. Dans le stade représenté dans la figure 30 on n'en remarque aucune trace. La première feuille après les cotylédons est symétrique (B^1, fig. 31

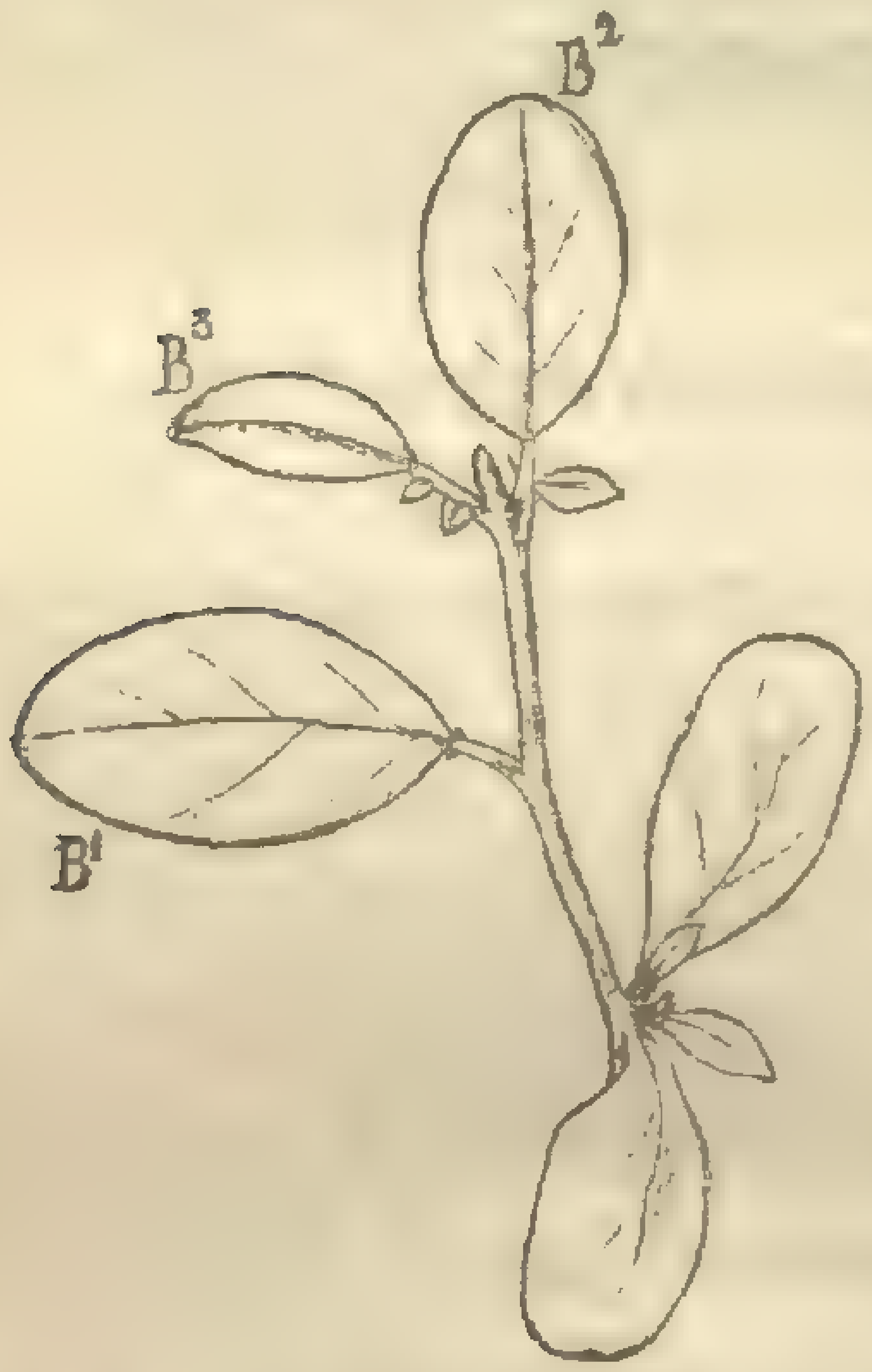


Fig. 31. — *Anthyllis tetraphylla*. Plantule à trois feuilles épanouies outre les cotylédons.

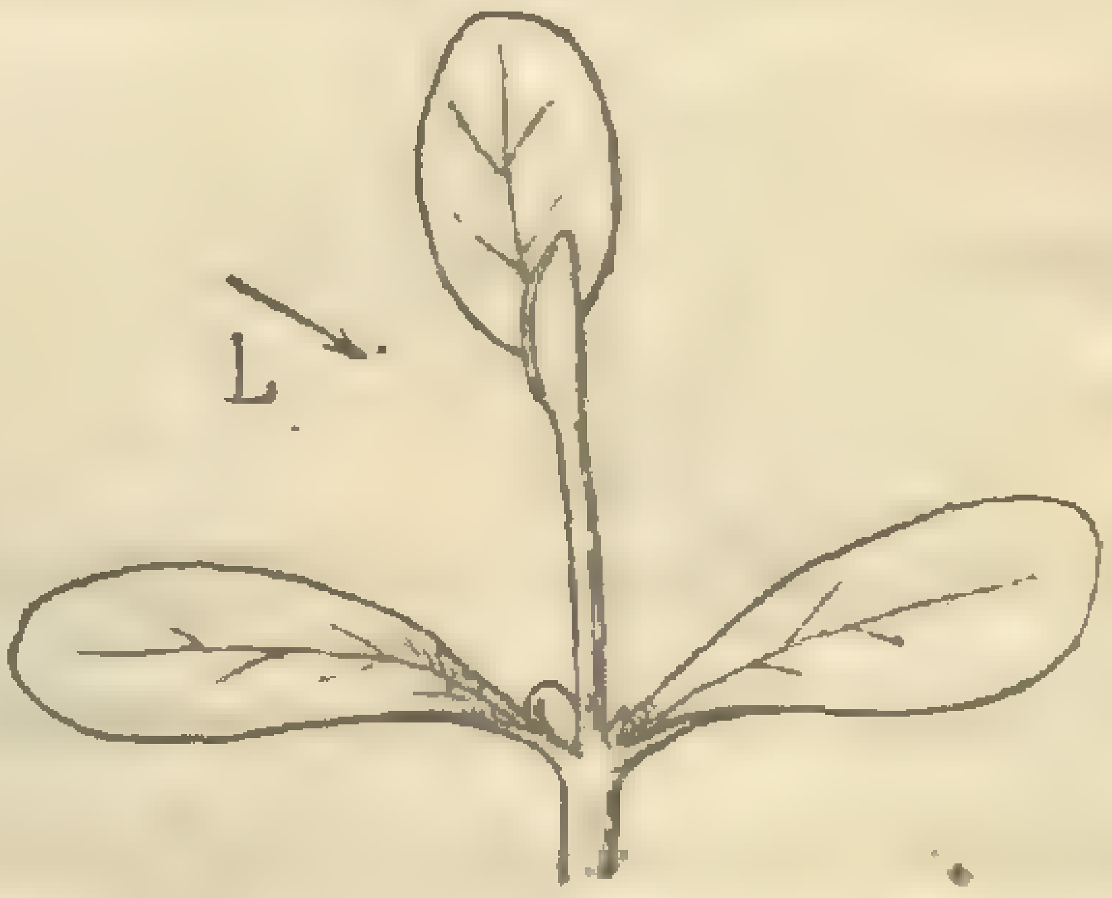


Fig. 32. — *Anthyllis tetraphylla*. Plantule. La flèche indique la direction de la lumière.

et 32), mais la deuxième feuille est déjà asymétrique (B^2, fig. 31). Cette feuille a, outre la foliole terminale, une autre foliole bien développée à l'un des côtés du rachis; à l'autre côté on trouve seulement une foliole rudimentaire. A partir de cette feuille l'axe primaire est dorsiventral; on le reconnaît même avant qu'elle ne se soit épanouie, les bords de la feuille pliée étant dirigés, non vers la première feuille, mais vers la face de la pousse qui se manifeste plus tard comme face supérieure (fig. 32). La troisième feuille a ordinairement la forme typique, les deux folioles latérales les plus grandes se trouvant du côté tourné vers la face supérieure de la pousse.

Expériences. — Deux plantules, dont les cotylédons étaient sur le point de s'étaler, ont été fixées à peu près horizontalement et éclairées par en haut. — Dans les deux plantules, la face tournée vers le haut est devenue une face supérieure (florale).

Cinq autres plantules au même stade de développement ont été placées en position normale et éclairées seulement d'un côté. Elles se dirigèrent un peu vers la lumière. Dans toutes les plantes, la face tournée vers la lumière devient une face supérieure. La figure 32 représente l'une des plantules.

La face éclairée devenant une face supérieure dans toutes les plantules, quelle que fût l'orientation par rapport à la direction de la pesanteur, il est évident que l'organisation dorsiventrale a été déterminée par la lumière et non par la pesanteur.

Les autres Papilionacées ne se prêtent pas toutes aussi favorablement aux expériences que l'*Anthyllis tetraphylla*. Très souvent la pousse primaire se prolonge considérablement avant qu'elle ne devienne nettement dorsiventrale, et elle est souvent disposée à faire des torsions, de sorte qu'il ne suffit pas de placer la plantule dans une certaine position, il faut la fixer continuellement par des liens. Comme les expériences durent alors longtemps, il est difficile d'éviter que la partie la plus jeune de la pousse, à un moment où l'on ne la surveille pas, ne quitte la position qui lui est donnée. C'est ce qui arrive quelquefois dans les expériences avec les *Ervum* et le *Pisum sativum*. Le nombre des plantules est en outre très petit dans ces expériences, surtout dans celles faites avec les *Ervum*. J'ai cru pourtant qu'il pouvait être utile de communiquer les expériences que j'ai faites avec ces plantes.

2° *Expériences faites avec les Ervum*

Ervum Lens. — La pousse primaire est dorsiventrale seulement dans la partie florale qui commence à peu près à la 10^e^ ou 11^e^ feuille.

Deux plantes ont été fixées à peu près horizontalement pen-

dant tout leur développement, de sorte que la même face était toujours tournée vers le haut. — Dans les deux plantes, cette face est devenue une face florale.

Deux autres plantes furent fixées verticalement et éclairées seulement sur une face. — Dans l'une la face éclairée devint une florale, dans l'autre ce fut la face opposée, mais cette plante montrait dans la région florale quelques irrégularités qui fournissaient le témoignage d'une lutte entre deux actions opposées; les 2e, 3e, 4e, 6e et 8e inflorescences étaient dirigées vers la face éclairée, tandis que toutes les autres inflorescences étaient dirigées vers la face opposée qui devint finalement florale. Ces

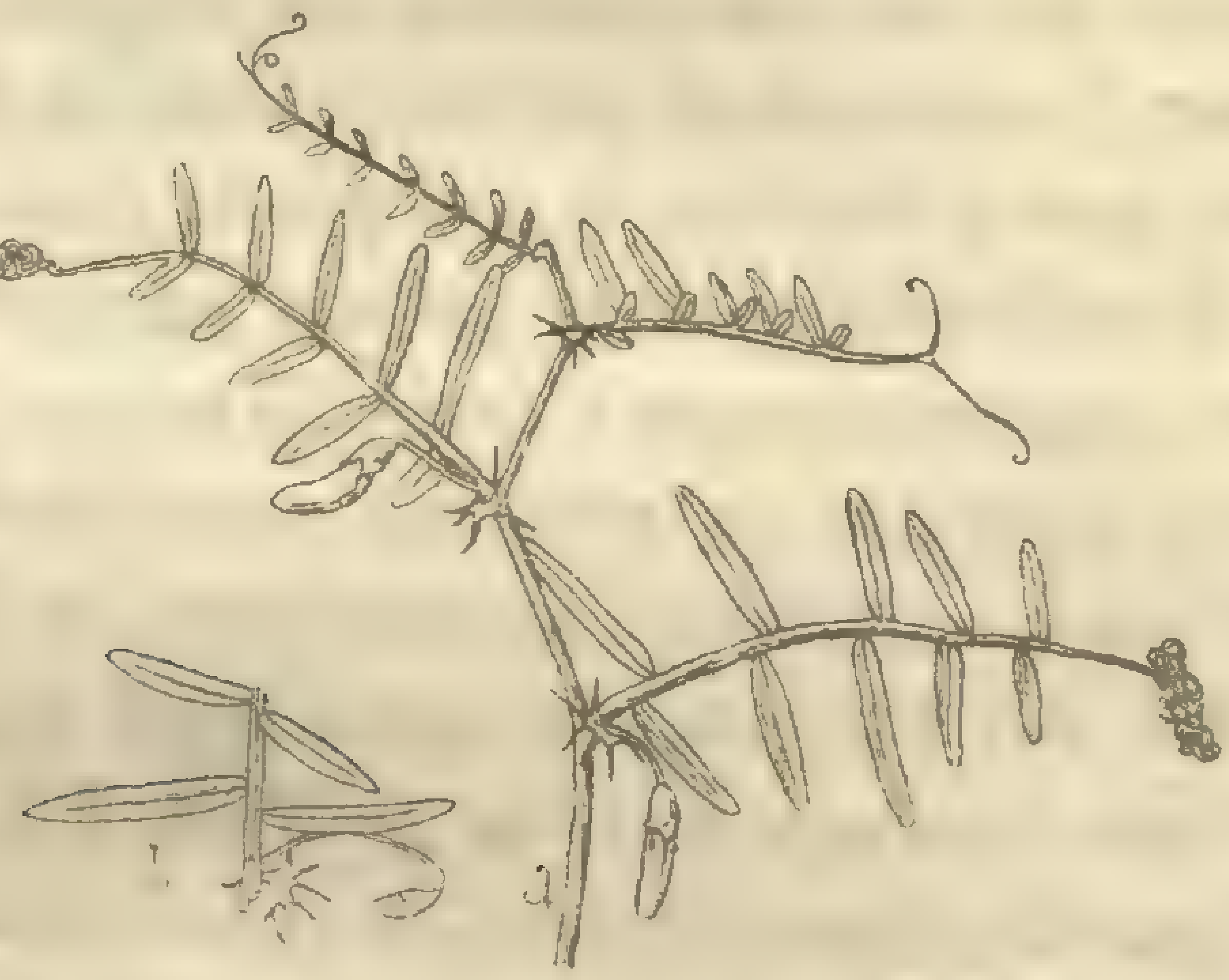


Fig. 33. — *Ervum monanthos*. Partie supérieure d'une pousse florale.

irrégularités sont dues peut-être à ce que la partie supérieure de la plante n'a pas toujours été suffisamment fixée pendant toute la durée de l'expérience, de sorte que la face qui devait être ombragée a quelquefois été tournée vers la lumière. Du reste, le nombre des expériences est trop petit pour qu'on puisse en tirer quelque conclusion sûre; mais si l'organisation dorsiventrale a été déterminée par un facteur extérieur, il me paraît probable que c'est par la lumière.

Ervum monanthos. — L'organisation dorsiventrale des pousses se manifeste, outre dans l'orientation des folioles et des inflorescences, dans la forme des stipules, celles de la face florale étant divisées, tandis que celles de la face opposée sont indivises (fig. 33).

Deux plantules furent fixées obliquement pendant tout leur développement de sorte que la même face de la pousse primaire fût tournée toujours vers le haut. — Dans les deux plantes, cette face devint une face florale.

Une autre plante fut fixée verticalement et éclairée seulement sur une face. — Cette face devint une face florale.

Ces expériences trop peu nombreuses paraissent indiquer que l'organisation dorsiventrale a été déterminée par la lumière.

3°. *Expériences faites avec le Pisum sativum.*

L'organisation dorsiventrale des pousses du pois se fait connaître morphologiquement seulement par l'orientation des inflorescences. Dans les pousses latérales qui se produisent par décapitation de la pousse primaire, les inflorescences sont repoussées comme d'ordinaire toujours vers la face ventrale. Dans les jeunes pousses latérales cette face se dirige obliquement vers le haut; quand les pousses commencent à fleurir elles prennent une autre position, elles deviennent à peu près verticales, mais pourtant un peu obliques de sorte que la face florale est tournée obliquement vers le bas. La partie florale de l'axe primaire prend la même position. La première inflorescence se trouve ordinairement à l'aiselle de la 10ᵉ ou 11ᵉ feuille complète.

Trois plantes ont été fixées verticalement pendant tout leur développement et éclairées d'un seul côté. Dans deux plantes, la face éclairée devint florale, dans la troisième ce fut la face opposée.

Deux autres plantes ont été placées de la même manière, seulement elles se penchaient un peu vers la lumière. — Dans les deux plantes la face éclairée est devenue florale.

En supposant que les influences extérieures agissent uniquement sur les parties jeunes, les trois premières plantes ont été à peu près dans les mêmes conditions que les deux dernières, la partie supérieure de la plante se dirigeant toujours plus ou moins vers la lumière. Ainsi dans toutes les plantes la face éclairée a été dirigée obliquement vers le bas, du moins dans la

partie jeune. Dans les quatre plantes cette face devint florale, dans la 5[e] ce fut la face opposée. Dans cette dernière plante (et quelquefois aussi dans les autres), il est arrivé que la partie supérieure se tournât de manière que les deux faces ont été également éclairées, ou même que la face qui devait être ombragée, pendant peu de temps a été dirigée vers la lumière. Il est donc possible que le résultat de cette expérience soit dû à un vice de l'expérience, mais les autres plantes donnant des résultats conformes, il est probable que la dorsiventralité a été déterminée par un facteur extérieur. Si c'est la lumière qui l'a déterminée, elle a produit une face florale dans la face éclairée; si c'est la pesanteur, elle a produit une face florale dans la face tournée vers le bas. Les expériences suivantes ont été faites pour déterminer à quel de ces facteurs il faut attribuer l'effet.

Quatre plantes ont été fixées obliquement pendant tout leur développement, de manière que la même face était tournée toujours vers le haut et vers la lumière. Dans trois plantes la face tournée vers le bas est devenue une face florale, dans la quatrième ce fut la face opposée. De même que dans les expériences précédentes les parties les plus jeunes se tordaient quelquefois de manière que la face qui devait se tourner vers le bas se dirigeât vers le haut; et il est possible que la dorsiventralité de la quatrième plante ait été déterminée à un tel moment. Du reste, cette plante manifestait une influence opposée à celle qui a déterminé définitivement l'organisation dorsiventrale, la deuxième et la troisième inflorescence étant dirigée vers la face inférieure. Cette plante regardée comme une exception, la dernière série d'expériences a donné le résultat que la face inférieure, non éclairée et devenue une face florale.

La face tournée vers le bas devenant florale, fût-elle éclairée ou non, on peut en conclure que la pesanteur est capable de déterminer l'organisation dorsiventrale de l'axe primaire du Pois en produisant une face florale dans la face tournée vers le bas. Cependant, les expériences étant peu nombreuses et présentant des exceptions, il faut admettre que ce résultat a besoin d'être confirmé par des expériences ultérieures.

4°. *Expériences faites avec le Vicia Faba.*

La tige primaire de la Fève croît verticalement, quoiqu'elle ait une organisation décidément dorsiventrale qui se manifeste de la manière ordinaire dans la ramification des feuilles et l'orientation des inflorescences. Pour éprouver si l'orientation de la dorsiventralité peut être déterminée par des facteurs extérieurs j'ai fait les expériences suivantes.

Première série d'expériences. — 9 plantes ont été ombragées pendant tout leur développement de manière à n'être éclairées que sur une face ; elles n'étaient pas fixées et se penchaient par conséquent plus ou moins vers la lumière.

Une autre plante a été placée dans les mêmes conditions, seulement elle fut fixée à un bâton qui se penchait vers la lumière. Une plante encore a été placée en position oblique et éclairée seulement par en bas à l'aide d'un miroir.

Toutes les plantes ont été dans les mêmes conditions, en tant que la face éclairée a été tournée obliquement vers le bas. Dans neuf de ces onze plantes, la face tournée en haut, vers l'ombre, devint la face florale; dans deux plantes, qui n'avaient pas été fixées, la face florale se produisit dans la face éclairée.

Ce résultat porte à croire que l'organisation dorsiventrale d'une partie des plantes a été déterminée par un facteur extérieur; si c'est la lumière qui a été efficace, elle a provoqué une face florale dans la face ombragée; si c'est la pesanteur, elle a provoqué une face florale dans la face tournée vers le haut.

Chez un certain nombre de plantes pourtant, l'organisation dorsiventrale s'est établie sans le concours des facteurs extérieurs.

Deuxième série d'expériences. — Onze plantes ont été fixées obliquement pendant tout leur développement et éclairées par en haut. Dans sept plantes la face florale se produisit du côté tourné vers le haut, dans quatre plantes du côté tourné vers le bas.

La différence entre ces deux nombres est si petite que, si on

n'avait que ces expériences, on n'aurait pas raison de conclure à une influence de la lumière ou de la pesanteur, et il n'est pas douteux, en effet, que l'organisation dorsiventrale de la plupart des plantes de cette série s'est établie indépendamment des facteurs extérieurs. Cependant, si un des deux facteurs a agi dans quelques plantes de cette série, on doit supposer que c'est dans quelques-unes des sept plantes dont la face florale se produisit du côté tourné vers le haut, et il résulterait alors d'une comparaison avec la première série d'expériences que c'est la pesanteur qui a provoqué la face florale du côté tourné vers le haut.

Dans un certain nombre de plantes, il se développait pendant l'expérience à une des aisselles inférieures une pousse vigoureuse qui était un peu repoussée vers la face florale de la plante (1). Cette pousse se développant à une époque peu avancée de l'expérience, on pourrait croire que l'orientation de l'organisation dorsiventrale de l'axe primaire pouvait dépendre de l'orientation de la pousse. Il paraît en effet exister une corrélation entre les bourgeons successifs, de sorte que les bourgeons suivants sont disposés à se placer du même côté de la pousse qu'un bourgeon vigoureux à l'une des aisselles inférieures. Or les bourgeons des premières feuilles étant formés déjà dans la graine, on comprend que l'organisation dorsiventrale s'établit souvent indépendamment des facteurs extérieurs, parce qu'elle dépend de conditions qui existaient avant la germination (2). Cette corrélation se manifestait dans toutes les plantes dont la face tournée vers le bas devint florale. Dans quelques plantes dont la face tournée vers le haut devint florale, la pousse vigoureuse se trouvait vers la face opposée ; la corrélation ne s'est donc pas manifestée, il est possible qu'elle ait été vaincue dans ces plantes par l'influence de la pesanteur. Une de ces plantes qui appartenaient à la deuxième série d'expériences, présentait quelques irrégularités dans l'orientation des

(1) Sa première feuille se trouvait vers la face florale de la pousse primaire.

(2) Quelquefois, il se développe deux pousses vigoureuses à deux aisselles consécutives, mais il semble que c'est toujours la supérieure qui influe sur l'orientation des bourgeons suivants.

folioles et des inflorescences qui dénotaient réellement une vacillation, une lutte entre deux actions opposées : la foliole inférieure de la 6e et 7e feuille se trouvait vers la face tournée vers le bas; l'inflorescence de la 7e feuille avait une position à peu près médiane, celle de la 9e feuille était repoussée vers la face non florale. Cette plante me paraît indiquer que la pesanteur a eu réellement une action dans la deuxième série d'expériences.

En résumé : l'orientation de l'organisation dorsiventrale du *Vicia Faba* dépend souvent uniquement de causes intrinsèques qui existent avant la germination. Dans d'autres cas, il paraît que ces causes n'existent pas ou qu'elles sont si faibles qu'elles peuvent être vaincues par l'influence de la pesanteur qui produit une face florale du côté tourné vers le haut.

5° *Expériences faites avec le Cicer arietinum.*

L'organisation dorsiventrale de la tige primaire de cette plante se manifeste peu de temps après la germination. Les deux premières feuilles succédant aux cotylédons sont des écailles, les feuilles suivantes sont imparipennées. Dès la quatrième feuille, la tige est dorsiventrale, les stipules de la face supérieure étant plus grandes et insérées plus bas que les autres, les folioles les plus basses se trouvant vers la face supérieure, et les pousses axillaires (plus haut les inflorescences) étant repoussées vers la même face qui est ainsi une face florale.

Dans la germination, les cotylédons restent sous la terre. En perçant la terre, la tige est courbée, mais il n'y a pas de relation constante entre le plan de la nutation et les plans de symétrie de la pousse.

Les premiers entre-nœuds ne présentant pas d'organisation dorsiventrale, il serait possible qu'elle pouvait être déterminée après la germination par des facteurs extérieurs. Pour faire l'épreuve de cette possibilité j'ai fait les expériences suivantes.

Première série d'expériences. — Dix-sept plantules debout ont été ombragées de sorte qu'elles furent éclairées seulement sur

une face. Dans onze plantes, la face éclairée devint une face supérieure, dans six ce fut la face de l'ombre.

Deuxième série d'expériences. — Deux plantules ont été fixées horizontalement et éclairées seulement par en haut. Dans une plante la face tournée vers le haut devint une face supérieure, dans l'autre ce fut la face tournée vers le bas.

Troisième série d'expériences. — Cinq plantules, fixées horizontalement, ont été ombragées par en haut et éclairées seulement par en bas à l'aide d'un miroir. Dans deux plantes la face éclairée devint une face supérieure, dans trois plantes, ce fut la face de l'ombre.

Les résultats de chacune de ces séries d'expériences sont si différents qu'ils ne permettent pas de conclure à une influence ni de la lumière, ni de la pesanteur. La première série d'expériences pourtant pourrait faire soupçonner que la lumière avait déterminé l'organisation dorsiventale dans quelques-unes des plantules, et cette supposition paraissait être confirmée par ce fait que les sept premières expériences, faites dans la saison la plus éclairée, ont toutes donné ce résultat que la face éclairée est devenue une face supérieure, tandis que les autres expériences, faites au mois de septembre, ont donné des résultats très différents. Je croyais que ce résultat était dû à ce que les premières expériences ont été faites à une saison où la lumière est plus intense et la durée de l'éclairement plus longue; mais quelques expériences que j'ai faites au mois d'avril de l'année suivante (1888) ne paraissaient témoigner aucune influence de la lumière.

On ne peut donc admettre qu'il y ait aucune influence des facteurs extérieurs; l'organisation dorsiventrale a été déterminée probablement dans toutes les plantes avant la germination ou du moins avant l'apparition de la plantule au-dessus de la terre, et il ne faut pas s'en étonner, la plumule contenant à ce moment plusieurs feuilles. L'organisation dorsiventrale doit être déterminée au moment où la quatrième feuille commence à se ramifier.

Dans les expériences, il n'y avait aucune relation entre la direction de la nutation et l'orientation de la dorsiventralité.

Tantôt la face qui à l'état jeune était convexe devint une face supérieure, tantôt elle devint une face inférieure.

Il faut ajouter encore que l'organisation dorsiventrale apparaissait comme à l'ordinaire dans quelques plantes qui se développaient en tournant lentement sur un axe horizontal à l'aide d'un clinostat.

En résumé : L'organisation dorsiventrale de la pousse primaire du *Cicer arietinum* paraît être déterminée toujours avant la germination ou du moins avant l'apparition de la plantule au-dessus de la terre.

Conclusions générales.

Les tiges dorsiventrales dont nous nous sommes occupé dans la deuxième partie du présent travail nous ont présenté des différences notables sous plusieurs rapports. Nous résumons ici les principaux résultats.

Nous ne reviendrons pas ici sur les caractères morphologiques, l'organisation dorsiventrale se manifestant de manières très différentes. Nous signalons seulement que, chez les Phanérogames, on retrouve souvent une organisation semblable dans des plantes très diverses. Les tiges dorsiventrales du *Fagus*, des *Begonia* et des Papilionacées offrent en effet des cas analogues au point de vue de la disposition morphologique.

On sait que les organes dorsiventraux sont ordinairement plagiotropes; cependant nous trouvons chez le *Vicia Faba* et quelques espèces de *Begonia* des pousses qui croissent verticalement quoiqu'elles aient une organisation dorsiventrale prononcée.

Dans leurs rapports vis-à-vis les influences extérieures, les pousses étudiées ont montré des différences remarquables.

Le *Centradenia floribunda* nous a fourni un nouvel exemple d'une organisation dorsiventrale qui est produite par une influence extérieure et qui peut être renversée par l'action en sens inverse de la cause qui l'a produite.

Dans les autres plantes étudiées, au contraire la dorsiventralité était irrévocable.

Dans quelques-unes de ces plantes, l'orientation de l'organisation dorsiventrale des rameaux latéraux pouvait être déterminée par des agents extérieurs (*Columnea Schiedeana*, *Scutellaria albida*). Mais, le plus souvent, elle est indépendante des agents extérieurs et déterminée uniquement par rapport à l'axe mère.

Dans quelques plantes dont les rameaux latéraux sont dorsiventraux, l'axe primaire reste toujours radiaire (*Callisia delicatula*, *Cyanotis cristata*); dans ces plantes, l'organisation dorsiventrale ne peut jamais être déterminée par les facteurs extérieurs (1).

Le plus souvent, pourtant, l'axe primaire devient lui-même dorsiventral, tôt ou tard. Dans aucune des plantes étudiées l'axe primaire n'est pas dorsiventral dès la base; du moins le premier entre-nœud, ou les deux ou trois entre-nœuds sont radiaires ou isobilatéraux.

Chez toutes les plantes étudiées dont l'axe primaire devient dorsiventral, excepté le *Cicer arietinum*, l'organisation dorsiventrale de cet axe pouvait être déterminée par la lumière ou par la pesanteur. Elle a été déterminée par la lumière dans les *Fagus silvatica*, *Begonia Schmidtii*, *Anthyllis tetraphylla*, *Ervum* (?), par la pesanteur dans les *Pisum sativum* et *Vicia Faba*. Dans le *Begonia Franconis* elle pouvait être déterminée et par la lumière et par la pesanteur, la lumière étant toujours efficace si elle atteignait les plantes dans une direction favorable.

Lorsque l'organisation dorsiventrale est déterminée par la lumière, la face éclairée devient ordinairement une face supérieure qui, dans des conditions normales, est tournée vers le haut. Dans le *Begonia Franconis*, pourtant, la pousse primaire est verticale et il en est de même pour le *Vicia Faba* dont l'organisation dorsiventrale peut être déterminée par la pesanteur. Il serait intéressant de savoir comment se comportent les espèces rampantes de *Begonia* sous ce rapport. D'après les cultures faites avec une de ces espèces, il est possible que la lumière

(1) L'influence des facteurs extérieurs est de même exclue dans quelques Papilionacées, dont la plumule fait défaut (*Tetragonolobus purpureus*, *Securigera Coronilla*) tandis que tous les rameaux latéraux sont dorsiventraux.

détermine l'organisation dorsiventrale en provoquant une face *inférieure* dans la face éclairée ; mais cette question reste encore à décider.

Dans le *Cicer arietinum* et dans un certain nombre d'individus de *Vicia Faba*, l'organisation dorsiventrale a été déterminée uniquement par des causes intrinsèques, indépendamment des agents extérieurs. Cela paraît avoir eu lieu aussi quelquefois chez la plupart des autres espèces, les expériences montrant souvent quelques exceptions. On peut en conclure qu'une influence unilatérale de la lumière ou de la pesanteur n'est pas nécessaire pour l'apparition de l'organisation dorsiventrale irrévocable (1).

Il en est de l'organisation dorsiventrale irrévocable comme de l'organisation polaire dans la germination des spores d'*Equisetum* et des œufs des Fucacées : elles apparaissent à un moment déterminé du développement ; si à ce moment des causes extérieures agissent d'un seul côté, l'une d'elles peut parvenir à déterminer l'orientation de l'organisation dorsiventrale ou polaire ; si les influences extérieures sont exclues, l'orientation dépend uniquement de causes intrinsèques.

(1) Il n'est pas sûr que cela s'applique aussi au *Marchantia polymorpha*. La germination des propagules de cette plante ne s'opère qu'à la lumière, mais il ne s'ensuit pas que l'organisation dorsiventrale est déterminée nécessairement par la lumière (voir Pfeffer, Arbeit. d. Insituts Würzburg, I, p. 80).

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

(*Suite.*)

---

2. — Variations, avec l'âge, du carbone et des substances minérales dans la tige et les feuilles.

Nous donnons ci-contre, sous forme de tableau, comme nous l'avons déjà fait pour les racines, la moyenne des résultats obtenus en suivant ces variations sur le Lupin.

Nous déterminons, après chaque expérience, le gain par jour du carbone, des sels et de toute la substance, depuis le moment de la précédente expérience. Nous comparons ensuite, en établissant le rapport, le gain du carbone, puis celui des sels, au gain sec total.

On voit, par les deux premières expériences, que le gain par jour, pour toute la substance sèche, comme pour le carbone et les sels, a été presque égal, du développement de la deuxième à celui de la quatrième feuille, et du développement de la troisième à celui de la sixième feuille. Toute la substance sèche d'une part, le carbone et les sels de l'autre, se sont accrus environ dans la même proportion.

Quand les cotylédons tombent, la troisième expérience montre qu'il y a surtout accroissement de la quantité des cendres. Les sels représentent presque le cinquième du gain. Les jours suivants, l'augmentation du poids sec est moindre, comme nous

JOURS de VÉGÉTATION	POIDS SEC TOTAL pour 1 gr. de graine.	POIDS		GAIN PAR JOUR			RAPPORT AU GAIN SEC TOTAL.		OBSERVATIONS.
		du carbone.	des sels.	de la substance sèche.	du carbone.	des sels.	du gain du carbone.	du gain des sels.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
				1re Expérience.					
12......	0,094	0,039	0,007	»	»	»	»	»	2 feuilles.
19......	0,475	0,221	0,035	0,034	0,026	0,004	0,500	0.074	4 —
				2e Expérience.					
21......	0,205	0,086	0,011	»	»	»	»	»	3 feuilles.
26......	0,462	0,231	0,034	0,051	0,029	0,004	0,560	0,078	6 —
				3e Expérience.					
41......	0,570	0,249	0,057	»	»	»	»	»	7 feuilles.
49......	0,830	0,343	0,063	0,032	0,012	0,0075	0,375	0,234	Les cotylédons sont tombés.
57......	0,970	0,400	0,080	0,017	0,011	0,002	0,640	0,120	7 feuilles.
66......	1,130	0,437	0,190	0,017	0,004	0,012	0,250	0,700	13 —
72......	1,240	0,496	0,200	0,018	0,009	0,0016	0,500	0,100	Les fleurs apparaissent.
78......	2,037	0,927	0,326	0,130	8,070	0,021	0,540	0,160	Quelques fleurs se fanent.

l'avons vu plus haut, mais le gain est ici surtout représenté par du carbone.

Avant l'apparition des fleurs, les substances minérales, qui entrent abondamment dans la plante, puisque le gain par jour est de $0^{gr},017$ pour les tiges d'un gramme de graine, forment de nouveau la plus grande partie de l'accroissement en poids.

Au début de la floraison, le gain du carbone reste à peu près le même que les jours précédents, mais la quantité de sels augmente à peine.

Cette quantité de sels redevient au contraire très forte, ainsi que celle du carbone, à la fin de la floraison.

En résumé, dans la tige et les feuilles :

Le gain par jour du carbone suit les variations de la substance sèche totale, jusqu'à la chute des cotylédons.

Après la chute des cotylédons, il reste quelque temps constant, et s'affaiblit avant l'apparition des fleurs.

Il atteint un maximum au début de la maturation.

Le gain par jour des cendres suit les variations de la substance sèche jusqu'à la chute des cotylédons.

Il présente :

Un maximum au moment de la chute des cotylédons ;

Un autre maximum avant la floraison ;

Un minimum pendant cette floraison ;

Enfin un nouveau maximum au début de la maturation.

3. — Variations, avec l'âge, de la quantité d'eau des tiges et des feuilles.

Nous suivrons les variations de la quantité d'eau :

1° Dans la tige principale et ses feuilles ;

2° Dans les ramifications qui se développent après la floraison.

1° *Tige principale et ses feuilles.* — Aussitôt après l'apparition de la gemmule entre les cotylédons, la proportion d'eau, d'ailleurs assez variable, est en général très faible, comme dans tous les organes jeunes. Souvent, en effet, le poids frais égale à peine

trois fois le poids sec, mais, dès que les feuilles s'allongent, la quantité d'eau augmente rapidement.

Pour les Lupins, par exemple, quatre jours après la chute des cotylédons, quand la plante porte deux feuilles bien développées, le poids de l'eau est, en moyenne, sept fois plus grand que le poids sec.

Nous savons que, jusqu'à la chute des cotylédons, le poids sec de la tige et des feuilles augmente constamment. Comme précédemment pour les racines, leur quantité d'eau augmente en même temps, mais plus rapidement. Le rapport du poids de l'eau au poids sec égale en moyenne :

Après 12 jours...........................	7	2 feuilles.
— 14 —	9	3 —
— 19 —	11	4 —
— 28 —	13	6 —

Le vingt-neuvième jour, les cotylédons tombent. Aussitôt après, ce rapport n'est plus que de 11.

De même, dans une autre expérience, ce rapport du poids d'eau au poids sec égale :

Après 45 jours...	12.	6 feuilles.	Les cotylédons tiennent encore.
— 49 — ...	9.	6 —	Les cotylédons sont tombés.
— 53 — ...	9.	10 —	

Il y a donc, au moment de la chute des cotylédons, diminution dans la proportion d'eau de la tige et des feuilles. Néanmoins, nous avons pu constater que, dans tous ces cas, la quantité totale d'eau a constamment augmenté ; elle a seulement augmenté moins rapidement que la substance sèche, comme nous avons déjà eu l'occasion d'observer le fait.

Si nous continuons à suivre ce rapport, nous voyons qu'il devient :

Après 66 jours....	14.	Les fleurs vont apparaître.
— 68 —	15.	Les fleurs apparaissent.
— 72 —	15,7.	Les fleurs se développent.
— 78 —	11.	Fin de la floraison.
— 83 —	13.	Commencement de la maturation.

Nous pourrions encore citer d'autres exemples, comparer entre

elles, comme nous l'avons fait, d'ordinaire, pour les autres membres et pour la substance sèche, des plantes arrivées, à la même époque, à un degré un peu différent de développement. Nous croyons inutile d'insister, car nous ne retrouvons en somme ici qu'un fait général, déjà constaté à plusieurs reprises : quand, pour une cause quelconque, la substance sèche diminue ou augmente brusquement, l'eau ne suit pas aussi rapidement ces variations.

Nous avons observé le fait au moment de la chute des cotylédons ; nous l'observons encore à la fin de la floraison. La substance sèche, dans ce dernier cas, augmente rapidement ; la proportion d'eau diminue d'abord, et ne s'accroît que peu après.

En résumé, dans la tige et dans les feuilles :

La quantité d'eau s'accroît constamment jusqu'à la maturation, et plus rapidement que la substance sèche, sauf :

Au moment de la chute des cotylédons ;

A la fin de la floraison.

2° *Ramifications.* — Dans les ramifications, la proportion d'eau est, en général, moindre que dans l'ensemble de la tige et des feuilles à la même époque.

Ainsi, pour une plante où deux ramifications commencent seulement à se développer,

Le rapport du poids de l'eau au poids sec = 13 dans la tige et les feuilles.
— — = 11 dans les ramifications.

Chez une autre plante, à une autre époque, ces deux ramifications sont bien développées, et portent chacune six feuilles, mais elles ne fleurissent pas encore.

Le rapport du poids de l'eau au poids sec = 12,4 dans la tige et les feuilles.
— — = 10,0 dans les ramifications.

Enfin pour une troisième plante, les fleurs de ces ramifications apparaissent.

Le rapport du poids de l'eau au poids sec = 12,7 dans la tige et les feuilles.
— — = 10,5 dans les ramifications.

Dans tous ces cas, la proportion d'eau est d'ailleurs la même pour les deux ramifications.

Ainsi dans une plante qui porte quatre ramifications, le rapport du poids de l'eau au poids sec égale :

12,8	dans la tige de la	1re	ramification,	qui porte des fruits.
12,5	—	2e	—	qui fleurit.
12,0	—	3e	—	—

Ces différentes parties, arrivées pourtant à des périodes diverses de développement, sont donc absolument comparables entre elles.

Si nous comparons de même les proportions d'eau des feuilles de ces trois ramifications, nous trouvons que, pour toutes, le rapport du poids d'eau au poids sec se rapproche sensiblement de 7.

Les diverses ramifications d'une plante renferment donc en général une proportion d'eau moindre que la tige principale et ses feuilles à la même époque.

Toutes ces ramifications présentent au contraire entre elles, malgré leurs états différents de développement, une proportion d'eau sensiblement égale.

V. — Fleurs et fruits.

Les fleurs des plantes que nous avons étudiées ne nous ont présenté dans les variations de leur poids sec aucune période nettement tranchée. Si l'on a soin de recueillir, à mesure qu'elles tombent, les parties qui, comme les pétales, se dessèchent, on constate, pour la totalité de la fleur, une augmentation de poids continuelle, depuis le début de la floraison jusqu'à la maturité.

Quand les fleurs apparaissent, leur proportion d'eau est voisine, en général, de la proportion d'eau des feuilles du sommet à la même époque.

Pour le Sarrasin, par exemple, au moment où les fleurs se montrent, le rapport de leur poids d'eau au poids sec est de 5 en moyenne. Celui des feuilles du sommet est de 6 environ.

Pour le Lupin, la proportion de l'eau, rapportée au poids sec,

est de 12 dans les fleurs qui apparaissent et de 11 dans les feuilles.

Feuilles et fleurs sont donc alors, à ce point de vue, sensiblement comparables.

Mais, quand les fleurs se développent et s'ouvrent, la quantité d'eau augmente rapidement.

Au moment de l'épanouissement, elle est, en moyenne, dans les fleurs de Lupin, 14 fois plus forte que le poids sec.

Quelques jours après, au contraire, quand les fleurs ont terminé leur développement, le poids d'eau n'égale plus environ que 10 fois le poids sec. Le rapport de ces deux poids tombe même à 9 quand la maturité commence. La substance sèche augmente désormais plus rapidement que l'eau.

Le rapport du poids d'eau au poids sec est, pour les organes floraux du Sarrasin :

Au moment de l'épanouissement	6,0
A la fin de la floraison	2,0
Au début de la maturation	1,2
A la fin de la maturation	0,8

Le rapport du poids frais au poids sec est alors à peu près ce qu'il était dans les graines de Sarrasin que nous avions mises à germer.

Si nous comparons, à ces époques de floraison et de maturation, les quantités totales d'eau, nous voyons que cette eau a constamment augmenté.

Il y a donc diminution de la proportion d'eau dans la graine, parce que cette eau augmente moins rapidement que la substance sèche.

La proportion d'eau, dans la fleur, atteint son maximum au moment où cette fleur s'épanouit.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE LA PREMIÈRE PARTIE.

Marche des variations de poids dans la plante entière, pendant son développement normal.

Nous connaissons maintenant les différents phénomènes qui se produisent, au point de vue qui nous occupe, dans chaque

membre de la plante pris isolément. Nous terminerons la première partie de notre étude, en réunissant tous ces résultats particuliers. Leur ensemble nous montrera la marche des variations de poids, dans la totalité de la plante.

De la germination à la maturation, la plante traverse cinq périodes principales (1) :

1re période (période germinative). — Le tégument n'est pas encore tombé. La plante éprouve une diminution continuelle de poids sec, due à la respiration et aux différentes transformations chimiques qui se produisent dans les cotylédons. La racine apparaît et s'allonge en augmentant régulièrement de poids sec. L'axe hypocotylé apparaît à son tour et se développe rapidement, en général, d'une façon régulière, comme la racine.

En dehors de ce cas normal, on observe, pour le poids sec de l'axe hypocotylé, de nombreuses variations individuelles; mais il y a le plus souvent, alors, balancement entre la diminution du poids des cotylédons et l'augmentation du poids de l'axe. Il y aurait, en quelque sorte, fréquemment, une répartition indifférente de substances, entre l'axe hypocotylé et les cotylédons.

L'absorption des substances minérales, pendant cette période, est très faible.

2e période. — Le tégument est tombé, les cotylédons verdissent, et la tige se montre. La diminution du poids sec de la totalité de la plante continue, sous l'influence des transformations chimiques; mais, d'autre part, la fonction chlorophyllienne, intervenant, introduit du carbone dans la plante. Tandis que la perte augmente peu avec le développement, le gain, au contraire, augmente rapidement avec l'accroissement de la surface foliaire. Au bout d'un certain temps, dont la durée varie avec les conditions d'assimilation (lumière, etc.), le gain l'emporte sur la perte, et le poids sec de la plante s'élève alors de plus en plus.

La substance sèche de la racine, après la chute du tégument, s'accroît d'abord très rapidement, puis, dans des proportions

(1) Voir la planche 9, fig. 1 et fig. 2.

moindres, continue à augmenter jusqu'à la chute des cotylédons. La proportion d'eau devient de plus en plus forte; en d'autres termes, la racine gagne plus rapidement encore en eau qu'en substance sèche.

L'accroissement en poids sec de l'axe hypocotylé, après avoir diminué, s'arrête; la quantité d'eau, au contraire, augmente constamment. Enfin, la tige gagne sans cesse en substance sèche, et, dans des proportions plus grandes, en eau.

Pendant tout ce temps, les cotylédons diminuent de poids sec, tandis que la quantité d'eau qu'ils renferment varie peu, et même tend à augmenter.

La perte de substance des cotylédons est due :

1° A des transformations chimiques; cette perte, dans de très faibles proportions d'ailleurs, augmente avec le développement;

2° A une migration des matières vers les autres parties de la plante; cette perte, très grande pendant la germination, plus grande encore au moment où les premières feuilles se développent, va ensuite en diminuant jusqu'à la chute des cotylédons.

3e période. — Les cotylédons viennent de tomber. Le poids sec de la plante s'accroît de plus en plus jusqu'à la floraison.

Aussitôt que les cotylédons tombent, la substance sèche de l'axe diminue brusquement, presque de moitié, ce qui prouve encore une relation étroite entre l'axe hypocotylé et les cotylédons. En même temps, le gain par jour des racines qui, jusqu'alors, s'était sans cesse élevé, s'abaisse momentanément. Dans la tige et les feuilles, au contraire, il se produit une forte augmentation du gain. Il y a donc eu, selon toute vraisemblance, migration de matières du bas de la plante vers le haut.

Dans les racines et dans l'axe hypocotylé, la proportion d'eau atteint, à cette époque, un maximum; elle diminue, par contre, dans la tige et les feuilles. D'une façon générale, d'ailleurs, quand il survient dans un organe une diminution ou une augmentation brusque de substance sèche, la diminution ou l'augmentation correspondante d'eau n'est pas aussi rapide; le rapport primitif du poids d'eau au poids sec ne se rétablit que peu après.

Quand les phénomènes précédents se sont produits, la racine et la tige continuent à s'accroître en poids jusqu'à la floraison. Dans l'axe hypocotylé, la quantité de substance sèche reste sensiblement la même, mais la proportion d'eau diminue sans cesse. Dans les racines et la tige, cette proportion d'eau, après être redevenue à peu près la même qu'avant la chute des cotylédons, augmente, mais très faiblement, jusqu'au début de la floraison.

4e période. — Les fleurs apparaissent. Les substances minérales, qui sont entrées abondamment dans la plante depuis la chute des cotylédons, et dont l'absorption a atteint son maximum un peu avant la floraison, n'augmentent qu'en faible quantité dans la plante, pendant que les fleurs se développent.

Les racines éprouvent, à cette époque, une diminution non seulement du gain, mais de leur poids même de substance sèche. Il y a donc nouvelle migration de matières vers le haut de la plante. On n'observe cependant pas ici, dans la tige, d'excès de gain correspondant. Souvent même, la totalité de la plante, loin de s'accroître en poids, semble éprouver une diminution dans sa quantité de substance sèche. Cette perte de poids ne peut être due qu'à une forte respiration des fleurs en voie de développement, et la supposition est d'autant plus légitime que, comme le montre l'analyse, le gain en carbone, à cette époque, passe par un minimum.

Dans tous ces cas, l'eau suit encore les variations de la substance sèche, mais toujours dans des proportions différentes, augmentant plus rapidement, et diminuant moins rapidement que celle-ci.

5e période. — C'est la fin de la floraison et le commencement de la maturation. Dans la racine, la tige et les feuilles, il y a accroissement considérable de poids sec. L'absorption des substances minérales est très active. L'accroissement de la quantité d'eau est maintenant moins rapide que celui de la substance sèche.

Pendant la maturation, les phénomènes sont différents suivant les plantes, et se compliquent souvent du développement de nouveaux organes végétatifs et floraux.

Transport des matières dans les différents membres de la plante.

A un point de vue plus général, dans une plante qui se développe :

Il y a d'abord simple migration de matières des cotylédons vers les parties hypocotylées. C'est la période germinative, pendant laquelle la plante, non seulement n'assimile pas (car la quantité de sels introduits par la racine est négligeable), mais perd de sa substance sèche par transformations chimiques ; ce que nous pouvons indiquer par le schéma suivant où les flèches montrent dans quel sens se fait le transport des substances :

Cotylédons ⟶
↓
Axe hypocotylé
↓
Racines

Après la chute des téguments, l'assimilation commence. Les cotylédons abandonnent encore une partie de leur substance aux parties hypocotylées et, de plus, aux parties épicotylées qui se développent. Du carbone s'introduit dans la plante par assimilation chlorophyllienne. En même temps que la première migration, il s'en produit alors une seconde, du haut de la plante vers le bas; ce qu'indique encore le schéma suivant :

Tige ⟵
↑
Cotylédons ⟶
↓ ↓
Axe hypocotylé
↓
Racines

Les cotylédons tombent ; la première migration se trouve ainsi supprimée. Il y a, au moment de cette chute des cotylédons, transport rapide de substances de l'axe hypocotylé vers le haut de la plante :

Tige ⟵
↑
Axe hypocotylé
↓
Racines

Cette dernière migration n'est que momentanée; il n'y a plus ensuite, jusqu'à la floraison, qu'un courant de matières allant des parties supérieures de la plante vers les parties inférieures :

Tige ←—
↓
Axe hypocotylé
↓
Racines

Pendant tout ce temps, les feuilles empruntent à l'extérieur plus de carbone qu'elles n'en perdent. Quand les fleurs apparaissent, l'acide carbonique rejeté par la plante augmente. La perte tend à annuler le gain, quelquefois à le surpasser. Il y a alors appel de substances du bas de la plante vers le haut ; le sens de la migration change donc de nouveau, sous l'influence d'une forte dépense de la plante :

Tige —→
↑
Axe hypocotylé
↑
Racines

Enfin, quand les fleurs sont développées et quand la maturation commence, les substances cheminent de nouveau du haut de la plante vers le bas :

Tige ←—
↓
Axe hypocotylé
↓
Racines

En outre, depuis la fin de la période germinative, il y a migration bien plus faible, mais continuelle, de substances minérales allant des racines vers le sommet de la plante. Cette migration s'accentue surtout dans la période précédant la floraison et au début de la maturation. Elle semble plus faible pendant la floraison.

(A suivre.)

OBSERVATIONS

SUR LES RENONCULACÉES
DE LA FLORE DE FRANCE

Par M. Gaston BONNIER

INTRODUCTION.

J'ai l'intention de donner ici successivement les observations sur la morphologie, la structure, le mode de développement et la distribution géographique que j'ai pu recueillir au cours de la préparation d'une Flore de France. Ces observations, que leur étendue ne permet pas d'insérer dans un ouvrage descriptif dont les dimensions sont forcément restreintes, se trouvent naturellement très incomplètes et pourront paraître assez inordinées, étant faites comme par occasion, à propos d'un travail tout autre; mais, telles qu'elles sont, peut-être pourront-elles rendre quelques services aux chercheurs, ne fût-ce que pour leur montrer qu'il n'est pas nécessaire d'aller bien loin pour trouver de nombreux et d'intéressants sujets d'études.

Ce n'est qu'en quelques cas spéciaux que j'ai donné des indications bibliographiques, cela m'aurait entraîné beaucoup trop loin. Autant que j'ai pu le vérifier, je n'ai exposé que les faits qui, à ma connaissance, n'avaient pas encore été signalés.

Les remarques relatives à la distribution des espèces jointes pour chaque genre aux observations morphologiques sont dues pour la plus grande part à de nombreux botanistes qui ont bien voulu me les fournir et que je tiens à remercier vivement pour le concours zélé et éclairé qu'ils m'ont apporté. Chaque fois qu'une remarque de ce genre ne me sera pas personnelle, je la

ferai suivre du nom du collaborateur à qui elle est redevable. Voici les noms de ces botanistes avec l'abréviation adoptée pour les citations (1) :

Abzac de la Douze (M^is d')	A.
Amblard	Amb.
Arbost	Arb.
Arnaud (Charles)	Arn.
Avice	Av.
Aymeric (D')	Ay.
Baichère	Bai.
Barnsby	Barn.
Barrandon	B.
Bazot	Baz.
Billiet	Bil.
Boudier	Boud.
Boulay	Boul.
Bourdette	Bourd.
Bruyas	Br.
Burnat (Émile)	Burn.
Chevallier (Louis)	Ch.
Copineau (Charles)	Cop.
Corbière	Corb.
Coste (Hippolyte)	C.
Duffort (L.)	Duf.
Flahault	F.
Garnier (Gustave)	Garn.
Garroute	Garr.
Gautier (Léon)	Gaut.
Gave	Gav.
Genty (Paul)	Gent.
Gillot (Xavier)	Gil.
Gonod d'Artemare	G. d'A.
Gonse	Gons.
Guillon	Guill.
Héribaud (Joseph)	H.
Hervier	Herv.
Hy	Hy.
Lannes	Lan.
Lecœur	Lec.
Le Grand	L. G.
Letacq	Let.
Malinvaud	M.
Malvezin	Mlz.
Martin (Émile)	E. M.
Martin (Bernardin)	B. M.
Masclef	Masc.
Miégeville	Miég.
Niel	N.
Olivier (Ernest)	E. O.
Ozanon	Oz.
Pellat (Adolphe)	P.
Pons (Al.)	A. Pons.
Pons (Camille)	C. Pons.
Rouy	R.
Saint-Lager	S.-L.
Tourlet	Tourl.
Vallot	Val.
Vidal	V.

Sans méconnaître les défauts que présente l'ordre des familles adopté dans le Prodrome de De Candolle, c'est cependant suivant cet ordre que je classerai ces observations sur les plantes de la Flore de France. Toute série linéaire est, en effet, impossible à établir, comme on le sait; autant vaut alors, pour la commodité des recherches, adopter tout simplement l'ordre suivi dans presque tous les ouvrages descriptifs.

Je commencerai donc par la famille des Renonculacées.

(1) Je citerai en toutes lettres les noms des collaborateurs nouveaux qui voudront bien me donner des renseignements sur les plantes de France.

CLEMATIS.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Fleurs.* — La seule différence entre le genre *Clematis* et le genre *Atragene* réside dans la présence ou l'absence de pétales à l'intérieur des sépales pétaloïdes. Il est intéressant de noter, à cet égard, les cas assez fréquents où l'on observe des pétales chez les Clématites. On en trouve parfois dans certaines fleurs

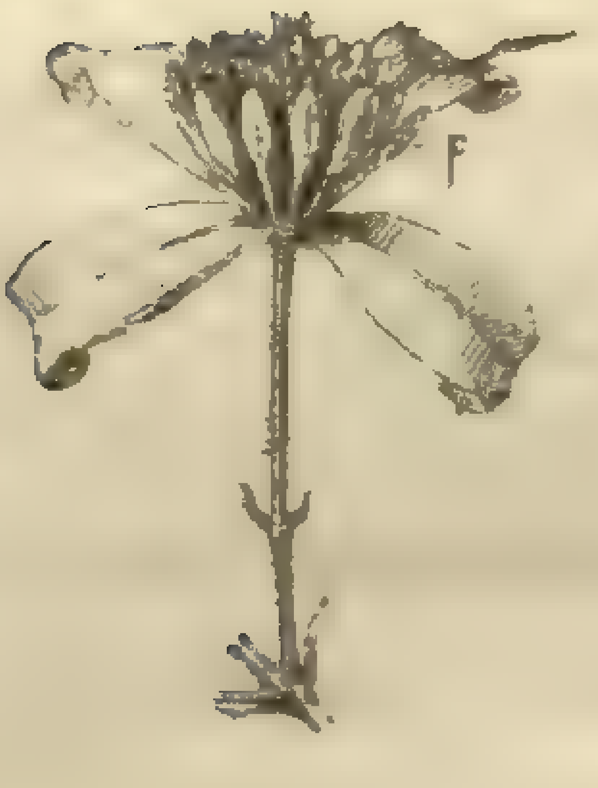


Fig. 34. — *Clematis Flammula.* Fleur présentant des pétales *p* comme une fleur d'*Atragene.*

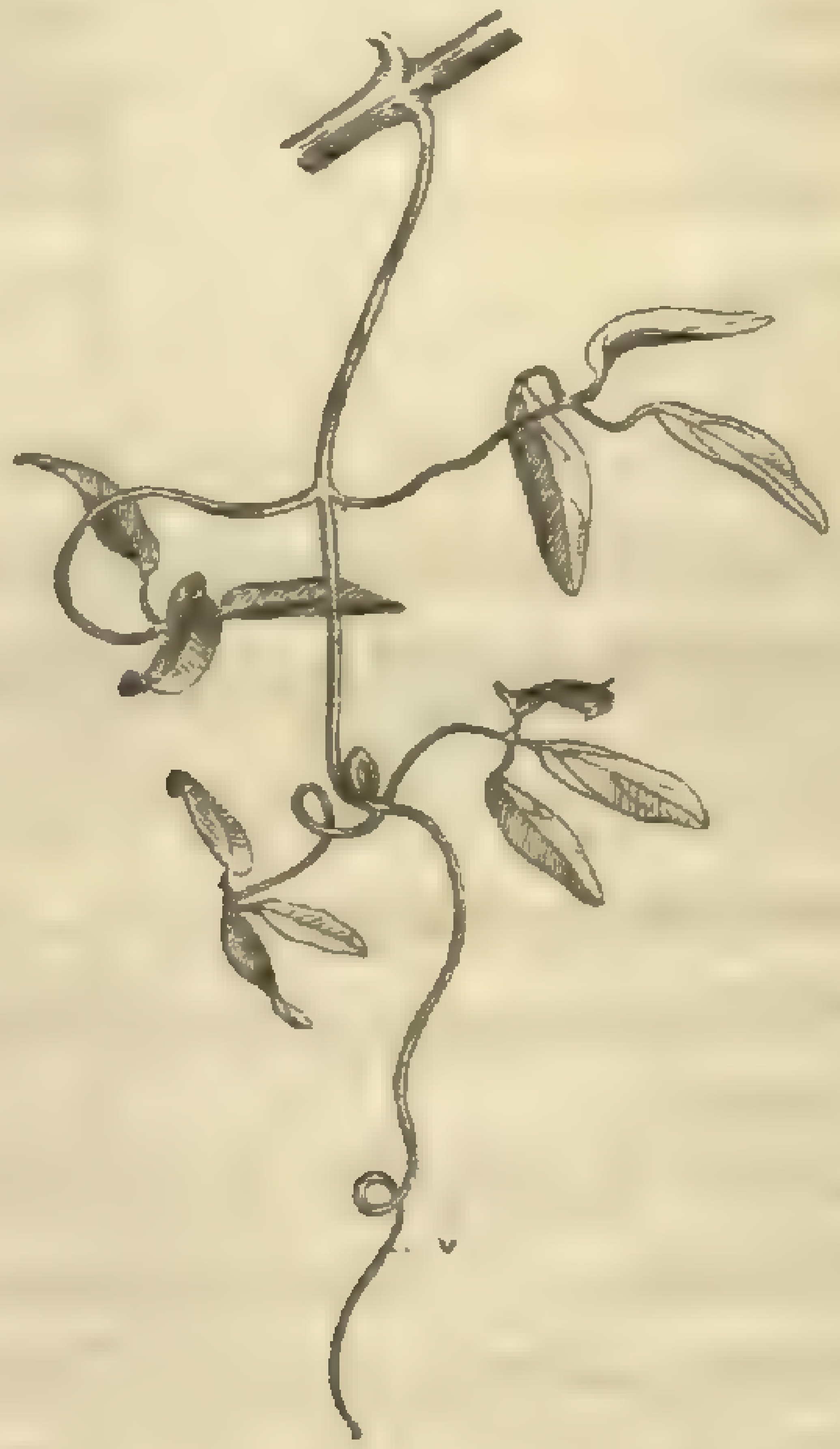


Fig. 35. — *Clematis Flammula.* Feuille anormale dont l'extrémité est complètement transformée en vrille *v*.

de *C. Vitalba*, mais je citerai plus particulièrement le *C. Flammula* dont les exemplaires à floraison tardive présentent souvent leurs étamines extérieures transformées en pétales. La fig. 34 représente une fleur prise sur un exemplaire de *C. Flammula* que j'ai remarqué aux environs de Seillans (Var) et qui avait donné une seconde floraison où toutes les fleurs présentaient normalement des pétales (*p*, fig. 34) comme une fleur ordinaire d'*Atragene*. Je montrerai plus loin que l'inverse peut se produire aussi (fig. 36). On pourrait conclure de là que la distinc-

tion entre les deux genres n'est pas très grande, puisqu'elle est fondée sur un seul caractère qui n'est pas constant. D'autant plus que ni l'étude du développement ni l'anatomie ne fournissent de caractères distinctifs entre les *Clematis* et les *Atragene*.

2° *Feuilles*. — On sait que les pétioles principaux et secondaires des feuilles des Clématites peuvent s'enrouler lorsqu'ils sont au contact d'un support.

Dans le *C. Vitalba*, l'enroulement ne peut se faire que suivant trois côtés du pétiole, et cette propriété est en rapport avec la présence dans l'écorce, sur trois côtés, de cellules très allongées (1).

Chez le *C. Flammula*, il est facile de voir que l'enroulement peut se produire à la base des feuilles, sur l'une des cinq faces du pétiole, ce qui correspond à la structure à peu près identique du pétiole sur ces cinq faces; tandis que sur les pétioles secondaires de la même plante, j'ai remarqué que l'enroulement ne pouvait pas se produire, en général, sur la partie dorsale. C'est qu'en effet cette région présente des cellules relativement plus larges et moins longues.

On trouve d'ailleurs quelquefois, chez cette espèce, des feuilles (fig. 35) qui ne portent pas de foliole à leur extrémité. Cette extrémité s'allonge alors en une véritable vrille (*v*, fig. 35) qui ne peut s'enrouler que dans un seul sens et qui ne s'enroule que si sa face inférieure se trouve au contact d'un objet quelconque. La structure de la partie terminale de cette feuille anormale fait voir un seul faisceau, rarement accompagné de deux plus petits et une écorce dont les cellules, en coupe longitudinale, sont bien plus étroites et plus allongées dans la partie inférieure.

L'étude des premières feuilles qui se développent lorsqu'on fait germer les Clématites vient encore confirmer cette relation établie par M. Leclerc du Sablon, entre la structure et l'enroulement.

(1) Leclerc du Sablon : *Recherches sur l'enroulement des vrilles* (Ann. des sc. nat.; Bot., 1887).

3° *Germination.* — Les Clématites germent en fendant régulièrement leur fruit d'abord, sur deux lignes qui passent par le plan de séparation des cotylédons, puis en déchirant l'enveloppe de la graine du côté du micropyle. La radicule et un court axe hypocotylé s'allongent; en même temps la gemmule se dégage, tandis que les cotylédons, appliqués sur l'albumen, sont encore englobés par le fruit et l'enveloppe de la graine.

Quelle que soit l'espèce de Clématite que l'on étudie, les premières feuilles sont simples et non composées de folioles comme les feuilles adultes. D'ailleurs, ces premières feuilles et même les feuilles divisées qui les suivent n'ont pas leur pétiole volubile. Le *C. Vitalba* germant donne en général, au-dessus des Cotylédons, une première feuille simple, puis une feuille à trois folioles. Il ne se forme que quelques entre-nœuds pendant la première année; la tige principale devient rampante et donne naissance pendant la seconde année à des branches dressées dont les feuilles ont des pétioles enroulables.

2. — *Distribution géographique.*

Clematis recta L. — Cette espèce a été indiquée par erreur à Aigues-Mortes où on l'a confondue sans doute avec une forme littorale du *C. Flammula.* Elle est très rare au bois de Sérignan près de Saint-Pons (Hérault) vers 500 mètres d'altitude. On la trouve au contraire en abondance à Estagel (Pyrénées-Orientales) dans la région des basses montagnes (F. et B.).

C'est dans les montagnes du Roussillon et dans la Cerdagne (où je l'ai trouvée en abondance) d'une part; dans les Hautes-Alpes et dans les Basses-Alpes, surtout dans la montagne de Lure, d'autre part, que se trouvent les deux régions où s'étend cette espèce en France. Ce n'est qu'accidentellement qu'on l'a signalée près de Rouen sur les coteaux de Belbeuf et en divers autres points.

Clematis Flammula L. — La variété *maritima* (*Clematis maritima L.*) ne diffère pas du type par sa distribution sur le littoral.

D'ailleurs cette variété ne saurait à aucun titre constituer même une sous-espèce, car on rencontre des échantillons de *C. Flammula* dont les folioles se rapprochent graduellement de la forme linéaire (Br.). Cette plante a été récoltée à Nant (Aveyron) par M. Saltel (Mlz.); elle n'avait pas été citée jusqu'à présent dans ce département.

Clematis Vitalba L. — La distribution de cette plante suivant les divers sols, en France, peut servir d'exemple pour faire voir que la nature des terrains ne saurait avoir une influence absolue sur la détermination de l'aire des espèces. On la donne souvent comme caractéristique des terrains calcaires.

Dans le nord de la France, le *C. Vitalba* est exclusivement calcicole (Masc.). Il en est de même en Normandie. Dans l'ouest et dans la Lorraine, cette plante préfère les sols calcaires. Dans les Alpes françaises on la trouve indifféremment sur les terrains cristallins ou calcaires.

Aux environs de Thiers et dans diverses parties de l'Auvergne elle est commune sur le granite et le gneiss (Arb.; H.).

Dans les Ardennes, on l'observe sur les terrains ardoisiers; dans le Morvan, sur le granite (Baz.). Elle est commune sur les terrains primitifs dans l'Aveyron (C.).

On ne saurait donc donner cette espèce comme généralement calcicole.

Au sujet de sa distribution en altitude, il semble que le *C. Vitalba* s'élève moins haut dans les Pyrénées que dans les Alpes. Tandis que dans les Pyrénées centrales, cette plante ne dépasse guère la base de la région subalpine (Miég.), on la rencontre souvent jusqu'au delà de 2000 mètres dans la région alpine du Dauphiné.

ATRAGENE.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Fleurs.* — J'ai récolté sur les sommets des Petites-Rousses

(Isère) des échantillons d'*Atragene alpina* dont les fleurs étaient toutes sans pétales (fig. 36) ; c'est l'inverse de ce que j'ai signalé plus haut à propos de certaines Clématites. Le nombre des étamines était toujours plus grand chez ces fleurs que dans celles qui étaient pourvues de pétales normaux. Donc, les étamines extérieures de ces fleurs anormales (*e*, fig. 36) peuvent être considérées comme représentant les pétales.

On observe d'ailleurs souvent chez les fleurs d'*Atragene alpina* des intermédiaires entre les pétales et les étamines; on peut voir alors que chez ces intermédiaires (comme dans ceux entre les carpelles et les étamines de l'*Helleborus fœtidus*) (1) les quatre sacs polliniques sont situés morphologiquement sur la face extérieure de la feuille staminale. C'est un nouvel exemple qui vient s'opposer à la théorie qui attribue, même chez les anthères extrorses, la position des sacs polliniques des Angiospermes à la face supérieure de la feuille florale, en opposition aux Gymnospermes qui portent ces sacs sur la face inférieure de leur feuille.

Fig. 36. — *Atragene alpina*. Fleur anormale sans pétales. Les étamines extérieures *e* correspondent aux pétales normaux.

2° *Feuilles*. — On décrit ordinairement les feuilles de l'*Atragene alpina* comme « fasciculées » et souvent ce caractère peut sembler différent de celui des Clématites qui ont les feuilles opposées. L'*Atragene alpina* a toujours les feuilles opposées et parfois il présente des rameaux à longs entre-nœuds. Les rameaux florifères sont ordinairement très courts et, dans la deuxième paire de feuilles, la feuille à l'aisselle de laquelle naît la fleur

(1) G. Bonnier : *Observations sur la situation des sacs polliniques de l'Helleborus fœtidus* (Bull. Soc. Bot. de France, 1879, p. 139).

est, en général, beaucoup moins développée que l'autre feuille de la même paire; c'est cette apparence de feuilles par trois qui a sans doute causé l'erreur de description signalée plus haut.

Il y a ainsi deux sortes de rameaux : les uns allongés, non directement florifères et à feuilles dont les pétioles s'enroulent presque tous en vrilles persistantes et lignifiées, les autres courts, directement florifères, portés sur les premiers et dont les feuilles ont des pétioles qui, en général, ne s'enroulent pas.

2. — *Distribution.*

Atragene alpina L. — Cette espèce, qui est répandue dans le Dauphiné entre 1 000 et 2 500 mètres d'altitude et qu'on retrouve en Suisse, manque complètement en Savoie, sauf au mont Salève près de Genève.

Elle avait été signalée à la pointe d'Audey près de Bonneville; mais on ne l'y a pas retrouvée (Gav.).

THALICTRUM.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Développement.* — Le développement des *Thalictrum* est assez intéressant à considérer, non seulement parce qu'on y a cherché des caractères différentiels pour les espèces, mais aussi parce que, sous des apparences très diverses, il se fait en somme de la même manière chez tous les *Thalictrum.*

Les espèces de ce genre sont toutes vivaces, et en général, se multiplient et se perpétuent de la façon suivante.

Un rameau souterrain se termine par une tige aérienne et donne à l'aisselle d'une écaille un autre rameau souterrain (ou plusieurs) qui se termine par une tige aérienne l'année suivante et ainsi de suite. Sur le rhizome, au-dessous de la tige aérienne se développent chaque année un certain nombre de racines adventives. Les réserves nutritives qui permettent à la

plante de développer au printemps suivant ses feuilles et ses tiges fleuries s'accumulent soit dans les entre-nœuds du rhizome lui-même, soit à la base des tiges aériennes (fig. 37), soit dans les racines adventives (fig. 38).

On peut suivre ainsi cette sorte de développement souterrain en escalier, lorsqu'on déterre un *Thalictrum* de n'importe quelle

Fig. 37. — Développement du *Thalictrum minus* (station alpine) : 1, trace des tiges aériennes d'il y a deux ans ; 2, trace des tiges aériennes d'il y a un an ; 3, renflement et base des tiges aériennes de l'année ; 4, tiges aériennes de l'année prochaine. — *a* et *b*, endroits où sont faites les coupes.

Fig. 38. — Développement du *Thalictrum tuberosum* : 1, trace de la base de la tige florifère de l'an dernier ; 2, tige florifère de cette année, souterraine, puis aérienne, au-dessus des racines renflées ; 3, bourgeon qui donnera un développement analogue l'année prochaine. — A et B, endroits où sont faites les coupes que représente la figure 39.

espèce, et l'on peut y voir la trace des parties aériennes des années successives (1, 2, 3, 4, fig. 37 ; 1, 2, 3, fig. 38).

La plante, à supposer que le rhizome ne se ramifie pas, a donc une partie souterraine formant des degrés successifs dont l'ensemble constitue une tige souterraine sympodique, et il semblerait qu'elle doit arriver au niveau du sol, si chaque année l'article en voie de formation ne s'enfonçait pas jusqu'à une certaine profondeur. Cette profondeur est déterminée par les circons-

tances extérieures et peut varier, pour un même individu transplanté, avec la nature du sol, son humidité, etc.

Ce développement général, tout en restant le même, se complique de plusieurs manières. Les tiges florifères peuvent être nombreuses au même point ou bien les ramifications souterraines peuvent se multiplier pour se séparer ensuite les unes des autres, donnant autant d'individus différents qui appartiennent en réalité au même être. Parfois, ces ramifications souterraines sont grêles et effilées avec des entre-nœuds allongés; ce sont alors des stolons. Chacun de ces stolons continue à se comporter, d'ailleurs, comme les rhizomes principaux.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est qu'on trouve chez une même plante tous les intermédiaires entre les rhizomes courts, renflés et les stolons grêles. Aussi ce caractère qu'on donne souvent comme distinctif entre les espèces principales de ce genre n'est-il pas meilleur que les autres.

On peut citer à cet égard le *T. minus*, qui dans la région sous-alpine et alpine se présente souvent comme l'indique la fig. 37, sans stolons et avec des renflements successifs où s'accumulent les réserves nutritives à la base des tiges aériennes, et le *T. fœtidum* (type) que j'ai récolté en Oisans avec des stolons grêles et allongés. Or, on donne la première espèce comme toujours stolonifère et la seconde comme sans stolons (1).

Les choses peuvent aussi se compliquer d'une autre manière, en ce sens que les réserves qui sont à la base d'une tige aérienne peuvent fonctionner pendant plusieurs années au moyen de bourgeons latéraux; c'est ce qui se produit sur les renflements épais des stolons grêles de *T. aquilegifolium*.

Une seule espèce ferait exception au développement général non seulement des Pigamons, mais encore de toutes les Renonculacées vivaces en général, d'après M. Doassans (2). Cette espèce aurait une racine pivotante vivace et rameuse. Les échantillons que j'ai pu me procurer de cette remarquable plante pyrénéenne et ceux que j'ai récoltés moi-même sur place au

(1) Grenier et Godron : *Flore de France*, I, p. 6.
(2) Doassans : *Étude sur le Thalictrum macrocarpum* : thèse, 1881.

Val d'Eynes m'ont fait voir un épais rhizome avec des racines latérales. La structure de la partie épaisse était partout celle d'une tige. Je pense donc que, malgré son apparence particulière très bien mise en évidence par l'auteur que je viens de citer, cette espèce se développe d'une manière générale par ramifications sympodiques souterraines comme ses congénères.

2° *Germination.* — De même que les Clématites, les Pigamons germent en ouvrant régulièrement l'enveloppe de l'akène sur deux lignes qui passent par le plan de séparation des deux cotylédons. La radicule déchire irrégulièrement les téguments de la graine et sort en donnant la racine principale ; puis la gemmule et les cotylédons se développent.

Les caractères des *Thalictrum* sont d'une telle variabilité qu'on peut observer de grandes différences dans la germination des graines d'un même individu. J'en citerai l'exemple suivant.

Des graines prises sur la même inflorescence d'un *T. minus* ont été semées dans des conditions différentes soit de sol et d'humidité (terres calcaires, sableuses), soit de température (en pleine terre ou dans une serre), soit en des saisons différentes (printemps, été).

Ces graines en se développant ont donné des jeunes plantes dont un certain nombre avaient des caractères notablement différents. Les unes avaient des cotylédons presque hypogés et la gemmule prenant tout son développement dès le début, l'axe hypocotylé restait court ; les autres, plus nombreuses, avaient des cotylédons épigés se développant à une certaine distance au-dessus du sol avec un axe hypocotylé allongé. Certaines plantules avaient leurs premières feuilles étroites, comme des feuilles de jeunes *T. flavum* et les paires suivantes avaient des folioles élargies, tandis que la plupart avaient dès le début des feuilles à larges folioles.

Dans tous les cas, la racine principale disparaît pendant la première année, et une branche latérale s'enfonce en terre, accu-

mule une provision de nourriture et produit des racines adventives. Ce sera le début du rhizome qui se développe et s'accroît pendant les années suivantes.

3° *Structure : 1. Racines.* — On cite souvent les Renonculacées comme exemple d'une famille de Dicotylédones dont les formations secondaires sont très tardives ou nulles.

Les racines des *Thalictrum* sont remarquables, au contraire, par la précocité de leurs formations secondaires. L'écorce tout entière est très rapidement exfoliée dans des racines qui n'ont pas encore un millimètre de diamètre. Sans insister sur les dé-

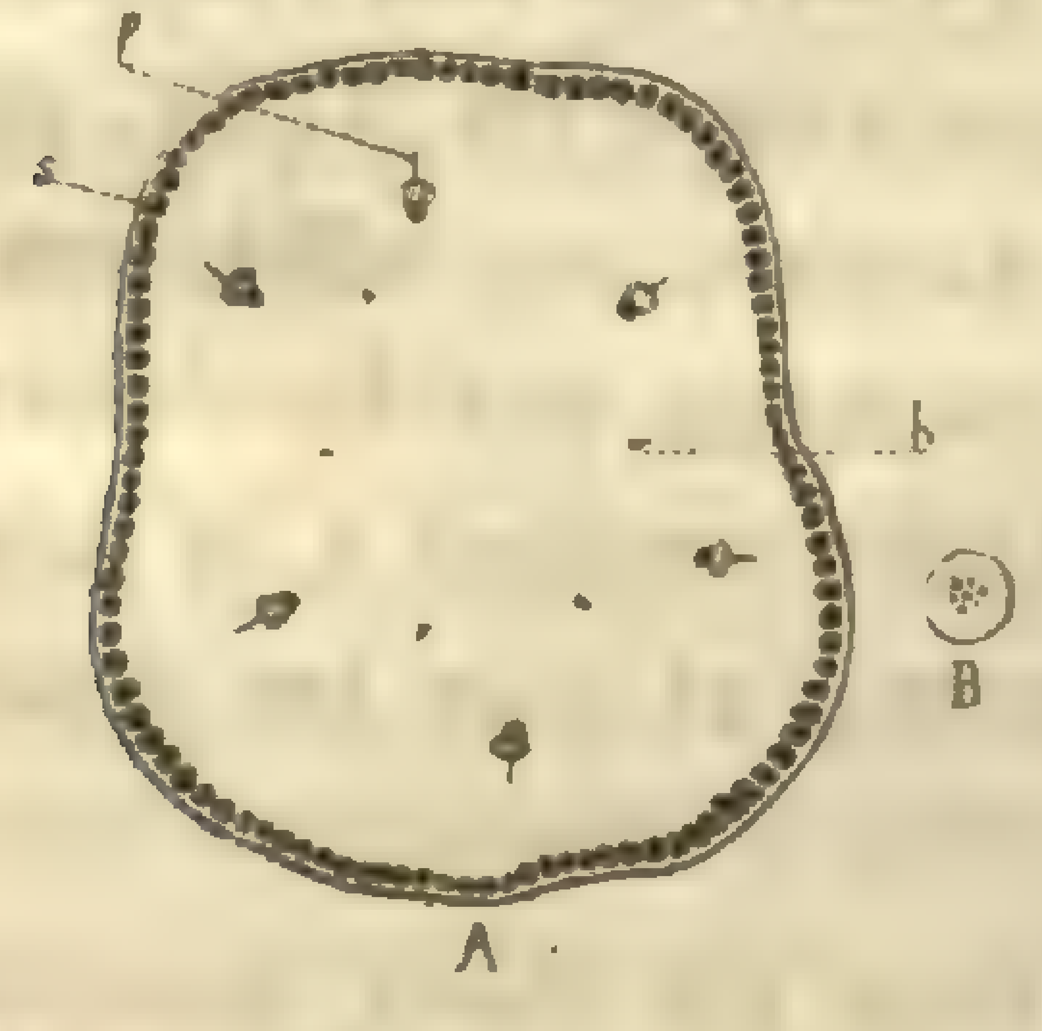


Fig. 39. — *Thalictrum tuberosum.* — Schémas de coupes transversales faites en A et B (fig. 38). — *s*, sclérenchyme péricyclique ; *l*, liber primaire en dehors des formations secondaires ; *b*, bois primaire.

Fig. 40. — *Thalictrum tuberosum.* — Détail du milieu de la coupe B : *s*, sclérenchyme central ; *s'*, sclérenchyme péricyclique ; *b*, bois primaire ; *l*, liber primaire ; *b'*, bois secondaire.

tails de cette structure dont ou trouvera quelques exemples décrits par M. Marié (1), je dirai cependant quelques mots des racines du *Thalictrum tuberosum* qui sont particulièrement remarquables et dont la description n'est pas suffisamment complète dans le travail que je viens de citer.

Si l'on coupe près de son extrémité une très jeune racine de *Thalictrum tuberosum* on y observe la structure normale des racines, mais avec des fibres de sclérenchyme superposées aux faisceaux du bois primaire, particularité de structure qui est extrêmement rare chez les racines.

Une coupe faite dans la partie grêle d'une racine renflée

(1) Paul Marié : *Recherches sur la structure des Renonculacées* (Ann. sc. nat. Bot., t. XX).

(B, fig. 39) montre alors (B, fig. 40) la moelle sclérifiée *s* entourée d'un petit nombre de faisceaux primaires de bois *b*, trois par exemple, avec leur sclérenchyme péricyclique superposé *s'*. Dans le plan bissecteur de chacune de ces lames vasculaires, on voit le liber primaire *l* superposé au liber secondaire et au bois secondaire *b'*.

L'écorce est bientôt exfoliée jusqu'à l'endoderme dont les cellules, très allongées dans le sens tangentiel, s'accroissent encore et se recloisonnent continuellement, et c'est la modification de cette structure particulière avec un grand développement de la moelle, du péricycle et du parenchyme des formations secondaires qui donne lieu à la partie tubérifiée des racines. On peut s'en rendre compte en faisant une coupe en A (fig. 39).

Considérons cette coupe; nous y voyons, en effet, un très grand développement de la moelle entourée par les faisceaux du bois primaire *b*, puis un parenchyme produit à la fois par le jeu interne de l'assise libéro-ligneuse et par les divisions successives de ses propres cellules.

Il ne s'est formé de bois qu'en face du liber secondaire superposé au liber primaire *b*. En dehors de ces cinq masses vasculaires (figurées en noir et gris sur la fig. 39) et alternes avec les faisceaux de bois primaire, le péricycle par des cloisonnements nombreux dans tous les sens s'est beaucoup développé; ainsi s'est produit le tissu qui, vers l'extérieur, tout autour de la racine, renferme des faisceaux de sclérenchyme *s*.

Il n'y a pas le moindre liège, et la racine âgée se trouve ainsi protégée par des fibres péricycliques placées complètement en dehors des tubes criblés les plus extérieurs. On n'a, à ma connaissance, cité de structure analogue dans aucune racine de Dicotylédone.

(A suivre.)

REVUE DES TRAVAUX RELATIFS AUX MÉTHODES DE TECHNIQUE

PUBLIÉS EN 1888 ET JUSQU'EN AVRIL 1889. (*Suite.*)

III. — Microscopie.

Microscopes d'excursion.

Le microscope est l'instrument par excellence des travaux botaniques ; il ne peut être qu'avantageux d'étendre le champ de son action. Dans bien des cas, il est extrêmement utile en excursion d'avoir un microscope à sa disposition. Par exemple, pour se rendre compte rapidement des diverses espèces d'Algues que l'on peut recueillir mélangées, pour en montrer au moment même de la récolte à un assez grand nombre de personnes si l'on dirige une excursion, etc. Un tel instrument doit être à la fois portatif et capable de donner des grossissements suffisants. Plusieurs microscopes ont été imaginés pour atteindre ces deux buts.

Nous empruntons au *Journal de botanique* la description du microscope d'excursion extrêmement simple et pratique imaginé par M. Gomont (1).

« Cet instrument, dont la longueur totale ne dépasse pas 15 centimètres, et qui peut être renfermé dans un étui cylindrique analogue à celui d'une lunette, se compose d'un tube de microscope pouvant recevoir un objectif et un oculaire de dimensions usuelles, et glissant à frottement doux dans un autre tube. Ce dernier est fermé à l'extrémité qui regarde l'objectif par une plaque, percée en son centre et faisant l'office de diaphragme. Au niveau de ce diaphragme le second tube présente une fente perpendiculaire à son axe et assez large pour permettre d'introduire la lamelle porte-objet recouverte d'un verre mince. Enfin une bague glissant sur le tube extérieur vient presser la lamelle contre le diaphragme et remplit, avec plus de simplicité, la fonction des valets ordinaires d'un microscope.

« La mise au point se fait avec une précision suffisante à l'aide du tirage, et l'éclairement a lieu en dirigeant l'instrument comme une lunette vers un nuage blanc ou un objet vivement éclairé. Si la lumière est assez intense, on peut facilement atteindre un grossissement de 250 diamètres.

« Il est très facile de faire sur le terrain une préparation rapide de l'objet à examiner entre une lamelle et un verre mince qui y adhère suffisamment par capillarité, pour permettre de donner à l'instrument toutes les inclinaisons. Enfin, si l'eau de la préparation venait à s'introduire dans le second tube, le diaphragme se vissant comme le couvercle d'une boîte peut s'enlever aisément pour opérer le nettoyage. » Il n'est pas bien gênant, si l'on veut deux

(1) *Un nouveau microscope d'herborisation* (Journal de botanique, 1re année, 1887, p. 124).

grossissements différents, d'emporter en outre un objectif différent de celui qui est fixé à l'instrument. »

M. Klein (1) a imaginé un microscope un peu plus compliqué. Il supprime le pied et la colonne du microscope, qu'il remplace par une simple lame métallique fixée à une canne et sur laquelle on pourra visser l'instrument. Ce microscope est formé de deux parties que l'on fixera séparément, la platine et le miroir d'une part, le tube du microscope d'autre part. La platine carrée ayant 32 millimètres de côté est percée d'un trou central de 2 à 3 millimètres seulement, ce qui rend inutile l'emploi d'un diaphragme. On met au point en faisant simplement glisser le tube qui porte l'objectif dans une bague; il n'y a pas de crémaillère. L'appareil entier peut se placer dans une boîte ayant seulement 12 centimètres de longueur et 6 de largeur et de hauteur. Si l'on veut plusieurs grossissements, on peut en outre avoir un révolver.

Oculaires.

Dans l'étude microscopique des Champignons, des Bactéries, on doit bien souvent faire des mesures micrométriques. On connaît le procédé habituellement employé. Avec un micromètre oculaire on regarde un micromètre objectif. Supposons que le micromètre objectif soit divisé en centièmes de millimètre. Si n divisions du micromètre oculaire coïncident avec p divisions du micromètre objectif, l'on peut dire qu'une division du micromètre oculaire correspond à une longueur absolue de $\frac{p}{n}$ centièmes de millimètre ou $\frac{10p}{n}\mu$, soit α ce coefficient. Si maintenant on trouve qu'une spore de champignon est recouverte par x divisions du micromètre oculaire, sa longueur est un nombre de μ égal à αx. Il faut avoir un tableau donnant les coefficients α pour chacun des objectifs que l'on emploie. Ces coefficients en général ne sont pas très simples, et il serait préférable de pouvoir s'en passer.

Le micromètre oculaire que construit M. Zeiss (2) réalise à peu près ce desideratum, à supposer que l'on emploie les objectifs apochromatiques du même constructeur. Les divisions du micromètre oculaire sont telles qu'une division couvrirait une longueur de l'objet égale à 1 μ si l'objectif avait 1^{mm} de longueur focale; si l'on a à son microscope un apochromatique numéroté 2, 2,5, 4, 8, etc., chaque division du micromètre oculaire correspondra respectivement à une longueur de l'objet égale à 2μ, $2\mu,5$, 4μ, 8μ, etc. L'on n'aura donc jamais à faire que des multiplications très simples et par des nombres inscrits sur l'objectif même et désignant sa distance focale.

On peut, pour faire des mesures, employer un autre principe : avoir dans son oculaire un réticule, un fil de cocon qu'une vis ferait mouvoir et qu'on

(1) *Ein neues Excursions Mikroskop* (Zeitschr. f. Wissensch. Mikrosk., vol. V, p. 188. 1888).

(2) Czapski : *Compensationsocular 6 mit 1/1 Micron-Theilung zum Gebrauch mit apochromatischen Objectiven von Carl Zeiss in Iena* (Zeitsch. f. Wissensch. Mikrosk., vol. V, p. 150).

ferait tangenter successivement les deux bords de l'objet que l'on mesure. Ici encore il faut faire une opération préalable au moyen d'un micromètre objectif, afin de savoir pour chaque objectif à quelle longueur correspond une division de la tête de la vis qui fait mouvoir le réticule. Mais l'on peut avoir en même temps besoin de mesurer avec une moindre exactitude des dimensions assez grandes. Pour faire ces diverses sortes de mesures sans changer l'oculaire, on peut procéder comme le fait M. Koch (1). Le micromètre oculaire porte des divisions et peut s'employer à la manière ordinaire. Mais la plaque ainsi graduée peut se déplacer au moyen d'une vis latérale, de sorte que le dernier trait de la graduation par exemple peut être amené successivement aux deux extrémités de l'objet que l'on mesure. Cette disposition présente, comme on le voit, une combinaison de la méthode habituelle et de la méthode du réticule si fréquemment employée dans les instruments de physique et d'astronomie.

Chambre claire.

Les diverses chambres claires dont on se sert habituellement ont le plus souvent un champ visuel restreint et servent avec de très forts grossissements. Il peut être utile au contraire d'obtenir un dessin qui soit seulement quatre à dix fois plus grand que l'objet comme dimensions linéaires, et d'avoir en même temps un champ visuel étendu. La chambre claire de M. Thoma permet d'atteindre ces deux buts (2).

Les rayons lumineux émanés de l'objet traversent une première lentille, puis un miroir transparent avant d'arriver à l'œil. Les rayons verticaux émis par la feuille de papier à dessin viennent frapper à 45° un miroir argenté, se réfléchissent, traversent ensuite une lentille, puis arrivent sur le premier miroir dont nous avons parlé et qui est parallèle à l'autre; ils sont donc renvoyés verticalement à l'œil. Si nous supposons l'instrument réglé pour la vue à l'infini, l'objet est à une distance de la première lentille égale à la distance focale de cette lentille, et de même le chemin total parcouru par la lumière émise par le dessin jusqu'à la seconde lentille est aussi égal à la distance focale de cette lentille. Le rapport de cette seconde distance à la première est de $\frac{40}{10} = 4$; tel est aussi le grossissement.

Si l'observateur est myope, il peut placer à la partie supérieure de la chambre claire une lentille biconcave qui lui ramènera les images à sa distance de vision distincte. En prenant des lentilles convergentes à distances focales différentes de celles qui ont été indiquées, on peut avoir des grossissements différents et même se dispenser de la lentille divergente pour la correction d'accommodation dont a besoin un myope.

Tel qu'il est construit, l'instrument a un champ visuel très étendu. Si, au lieu d'agrandir, on veut faire un dessin plus petit que l'objet, on place le papier à l'endroit où habituellement on met l'objet, et inversement.

(1) *Eine Combination von Schraubemikrometer und Glasmikrometerocular* (Zeitsch. f. wiss. Mikr., vol. VI, p. 33).

(2) *Ueber eine neue Camera lucida* (Zeitsch. f. wiss. Mikr., vol. V, p. 297).

Microspectromètre.

On connaît les travaux de M. ENGELMANN et ses ingénieuses méthodes de recherche. Nous donnons ici la description de son *microspectromètre* (1).

Le principe de l'appareil est le suivant : à travers une fente d'une largeur constante on observe le spectre d'une lumière qui a traversé un objet, et à travers une autre fente un spectre de comparaison. On peut faire varier la largeur de cette fente de telle façon que l'intensité lumineuse des couleurs que l'on compare dans les deux spectres soit la même. Puisqu'une fente laisse passer une quantité de lumière proportionnelle à sa largeur, on

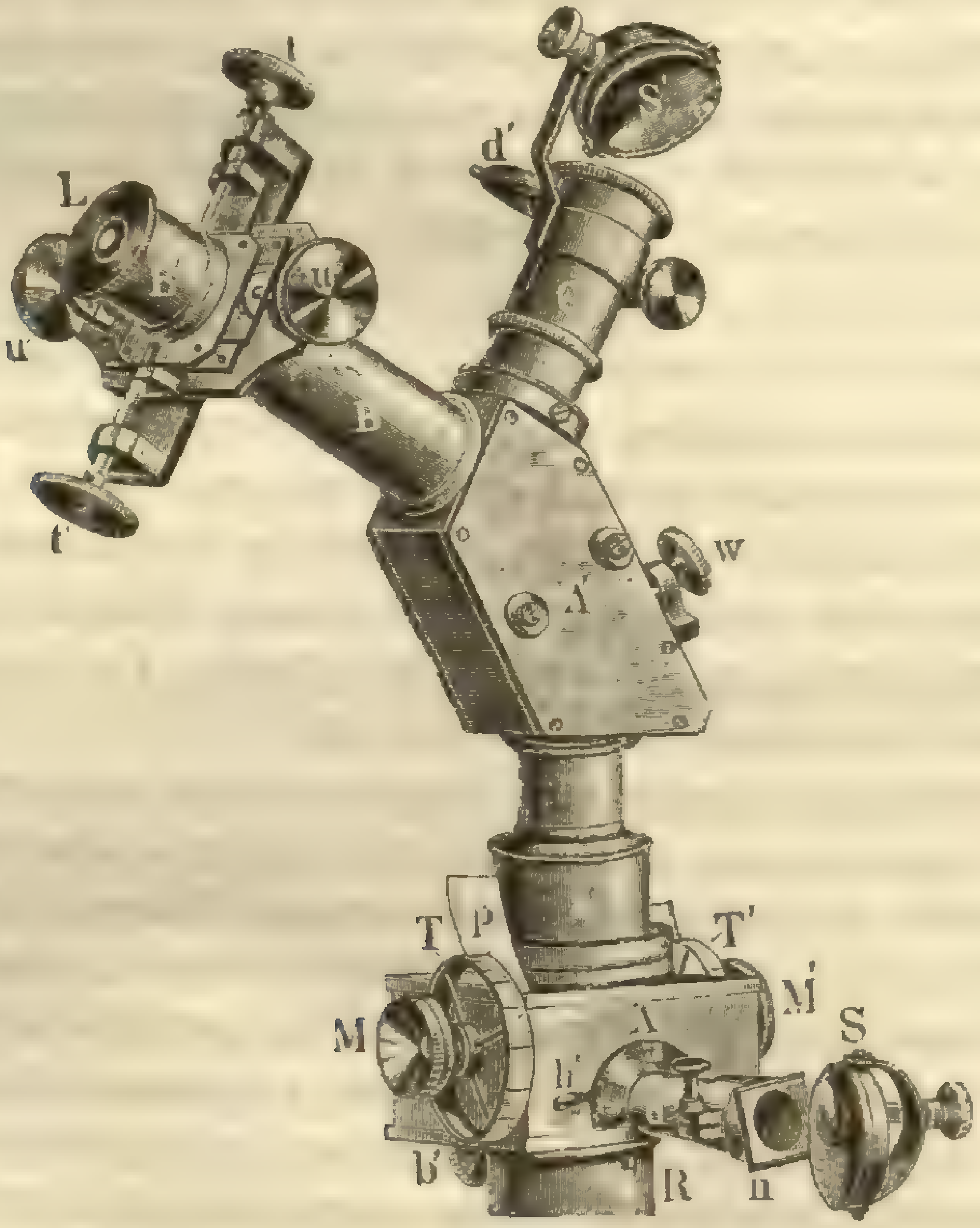


Fig. 41. — *Microspectromètre de M. Engelmann.* — A. Boîte à l'intérieur de laquelle sont les deux fentes. — A'. Boîte contenant le système des prismes. — BB'. Tube collimateur. — C. Tube portant l'échelle des longueurs d'onde.

connaîtra le rapport des intensités lumineuses des lumières que fournissent les deux spectres.

L'instrument (fig. 41) est formé de deux parties qui se placent l'une sur l'autre. La partie essentielle consiste en une caisse rectangulaire A, dans laquelle se trouvent les fentes et le mécanisme permettant de faire varier leur largeur. Les deux fentes peuvent se disposer de façon que leurs lignes médianes soient exactement dans le prolongement l'une de l'autre afin que les couleurs dont on compare l'intensité se correspondent parfaitement. Une vis M sert à déplacer simultanément les deux bords d'une même fente pour faire varier sa largeur, et un cercle gradué T porté par cette vis indique par sa graduation les quantités dont on tourne ; on peut de la sorte appré-

(1) *Das Mikrospectrometer* (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., vol. V, p. 289).

cier la largeur de la fente à 1 μ près. Les deux pièces M′ et T′ jouent le même rôle par rapport à la seconde fente. Le petit carton blanc *p* est destiné à éclairer les divisions de T.

Cette boîte porte un tube latéral *d*, par lequel arrive la lumière au moyen d'un miroir S ou d'une lentille, lumière qui vient frapper sur un prisme à réflexion totale situé plus bas que les fentes. Au moyen d'un levier dont l'extrémité se voit en *h′*, on peut placer ce prisme au-dessous de la fente qui fournit le spectre de comparaison, ou en dehors de la portée de cette fente.

A la face inférieure de la boîte est ajusté un tube qui remplace l'oculaire quand on place l'instrument sur le tube R du microscope et que l'on fixe au moyen de la vis de pression *b′*. A la face supérieure, est un autre tube dans lequel on peut placer soit un oculaire si on regarde directement l'objet, soit le tube *a′* qui appartient à la partie supérieure de l'instrument.

Cette partie supérieure sert à la formation, à la projection et à l'examen des spectres. Elle comprend donc le tube *a′*, dont la base s'engage dans une rainure quand on dispose l'instrument. Puis, au-dessus de ce tube, une boîte A′ dont l'axe est incliné de 30° par rapport à la verticale. Une lentille située à la face inférieure de cette boîte reçoit les rayons lumineux provenant des deux fentes et les envoie sur un système de trois prismes accolés, les deux extrêmes de crown, l'intermédiaire de flint, dont les angles de réfringence sont tels que les rayons lumineux sont envoyés sur une lentille située à l'extrémité du tube B, dont l'axe est incliné de 30° sur l'axe de la boîte A′. En sortant de cette lentille les rayons lumineux viennent former une image réelle des deux spectres dans un certain plan que l'on regarde au moyen d'un collimateur placé dans le tube B′ et grossissant environ vingt fois.

Pour que l'on sache à quelle longueur d'onde correspond la lumière que l'on étudie, la boîte A′ porte un second tube C incliné de 30° sur son axe comme le tube collimateur. On y dispose une échelle des longueurs d'onde de Angström placée près de l'ouverture et éclairée par un miroir S′. Deux lentilles placées dans ce tube C amènent la lumière émise par cette échelle à se réfléchir sur une face du système des prismes de la boite A′, de sorte que l'image réelle de l'échelle vient se faire dans le même plan que l'image des deux spectres. Quand on ne veut pas voir cette échelle, on interpose un écran *d* entre elle et le miroir S′. La vis *w* fait mouvoir un levier qui sert à déplacer légèrement le tube C, de façon que les divisions de l'échelle correspondent bien aux longueurs d'onde qu'elles doivent indiquer. On vérifiera par exemple que la longueur d'onde $0^{\mu},589$ désigne exactement la raie du sodium.

Pour avoir des mesures précises, il ne faut comparer que des lumières aussi homogènes que possible et des champs visuels ayant pour chacun des deux spectres même forme et même étendue. On atteint ce résultat au moyen de deux couples de diaphragmes qui se meuvent dans le plan de l'image réelle des spectres. Les uns commandés par les vis *t* et *t′* servent à masquer parallèlement les spectres, à ne laisser visibles que les couleurs dont on compare l'intensité. Les autres, que font mouvoir les vis *u* et *u′*, ont pour rôle de cacher partiellement les spectres dans le sens perpendiculaire

au précédent et de leur laisser à tous deux exactement la même hauteur.

L'instrument tel qu'il est construit peut servir à des recherches variées : étude de l'absorption des diverses radiations par les cellules végétales contenant des pigments, analyse microspectrale, etc.

IV. — Microphotographie.

Afin d'obtenir rapidement des photographies de colonies de Bactéries cultivées sur plaques, M. Giaxa (1) porte les plaques sur du papier trempé dans de l'éther pour les essuyer, et ensuite dans la chambre noire, les recouvre d'un papier albuminé sensibilisé au nitrate d'argent. Puis il expose à la lumière : il a suffi d'une demi-minute de pose par une belle lumière solaire pour donner à l'auteur d'excellentes images. Cette épreuve est ensuite virée, lavée comme à l'ordinaire.

M. Trambusti (2) opère de la même manière pour reproduire des coupes.

La mise au point est toujours une opération délicate en microphotographie; elle l'est d'autant plus que dans les objectifs ordinaires le foyer des rayons d'intensité lumineuse maximum ne concorde pas avec le foyer des rayons les plus photogéniques. Si donc même à la loupe l'on met au point, il est certain qu'au point de vue photographique la mise au point véritable n'est pas réalisée. Le meilleur moyen d'éviter cette cause d'erreur est de se servir des *objectifs apochromatiques* de Zeiss, pour lesquels la différence de foyers signalée plus haut n'existe pas. Si l'on n'a pas de tels objectifs, il est indispensable de faire traverser à la lumière un liquide coloré ne laissant passer qu'un groupe de rayons assez étroitement limité. Divers liquides ont été proposés: l'oxyde de cuivre ammoniacal, la liqueur de Fehling, l'hydrate d'oxyde de cuivre obtenu en mêlant des volumes égaux d'une solution saturée de sulfate de cuivre et d'une solution de soude, et ajoutant quelques gouttes de glycérine. M. Zettnow (3) recommande le chromate de cuivre : on emploie sous une épaisseur de 1 à 2 centimètres une solution de 175 grammes de sulfate de cuivre et de 17 grammes de bichromate de potasse dans un litre d'eau. Si l'on opère à une lumière solaire intense pour avoir une solution concentrée, il est préférable de dissoudre, dans 250 grammes d'eau, 160 grammes d'azotate de cuivre et 14 grammes d'acide chromique. Avec une telle solution on n'obtient que la lumière comprise entre la longueur d'ondes 0µ,580 et 0,560; un peu plus étendue, la solution laisse passer entre les limites 0,590 et 0,545. Les plaques sèches ordinaires sont assez peu sensibles à la lumière qui a traversé ces solutions. Pour en augmenter la sensibilité, il est bon de les avoir fait passer dans une solution faible d'érythrosine. Cette dernière solution s'obtient en disolvant 1 gramme

(1) *Ueber eine einfache Methode zur Reproduction des Koch'schen Culturplatten* (Centr. Bl. f. Bakter. u. Parasitenkunde, vol. III, p. 700).

(2) *Sopra un metodo facilissimo di riproduzione fotografica della sezioni istologiche* (Zeitschr. f. Wissensch. Mikrosk., etc., vol. V, p. 335, 1888).

(3) *Centralbl. für Bakter. und Parasitenkunde*, 1888, p. 51. — *Etwas über Mikrophotographie der Kupfer-Chromfilter* (Eders Jahrb. f. Photog. u. Reproductionstechnik, 1888).

d'érythrosine dans 500 centimètres cubes d'alcool, puis mettant 5 centimètres cubes de cette solution dans 200 centimètres cubes d'eau.

Les lumières dont on fait usage pour la microphotographie sont assez variées. On peut opérer à la lumière solaire, à celle d'une lampe de pétrole, à la lumière oxydrique, etc. La flamme du *magnésium* est, comme on le sait, très photogénique. Pour l'utiliser il est bon, d'après M. Roux, de procéder de la manière suivante : on fait une épaisse bouillie de magnésie en poudre ordinaire délayée dans de l'eau, et l'on introduit cette bouillie dans un tube de verre de 4 à 5 centimètres de diamètre. On la retire quand elle est un peu desséchée et on la découpe en fragments de 5 centimètres de longueur environ. On roule ces morceaux en boules et on les fixe à l'extrémité d'un fil de platine. On les porte ensuite à 100° pendant trois à quatre heures; puis on les place dans la flamme faible d'abord, graduellement croissante ensuite, de l'hydrogène d'un appareil à gaz hydrogène et oxygène ; à la fin seulement on laisse arriver l'oxygène. Ces boules sont alors dures, inaltérables à l'air. Chacune peut durer une quinzaine d'heures, en fournissant une lumière très égale, se diffusant peu et restant fixée au même point, tandis que le bâton de chaux s'use assez vite.

MM. Schmidt et Hænsch (1) recommandent l'emploi de la lumière du *zirconium* que l'on fixe en petits fragments à l'extrémité d'un fil de platine.

M. Stefano Capranica qui, déjà l'an dernier, avait publié une courte note (2) sur ses travaux relatifs à la microphotographie d'êtres mobiles, vient de faire connaître avec plus de détails les procédés qu'il emploie (3).

L'auteur insiste d'abord sur l'utilité d'un *chercheur* qui permettra de déterminer exactement le moment où l'être mobile est dans la position que l'on veut photographier. Il emploie donc un oculaire stéréoscopique binoculaire et met au point à la fois pour l'image microscopique et pour l'image qui se fait sur le verre dépoli.

L'appareil est composé d'une chambre noire dont la face antérieure est fermée par une planchette qui glisse entre des rainures ; au centre de cette planchette est un cercle métallique d'une ouverture de 5 centimètres de diamètre, muni d'un tube auquel on peut visser une boîte métallique circulaire qui contient un prisme à réflexion totale; cette boîte porte en outre, coudé à angle droit, un tube qui peut s'unir à un oculaire stéréoscopique binoculaire d'Abbe-Zeiss. Pour monter l'appareil sur l'oculaire stéréoscopique on dévisse les deux oculaires de celui-ci, et à celui des deux qui est situé sur la prolongation de l'axe optique central on substitue un tube de même longueur qui entre à frottement doux dans le tube vertical de l'appareil à prisme, et l'on fixe par une vis de pression; à l'oculaire incliné on substitue un tube à crémaillère afin de pouvoir exactement mettre au point.

(1) *Neues Leuchtgas-Sauerstoffbläse und Zirconlicht* (Zeitschr. f. Wissensch. Mikrosk., vol. V, p. 225).

(2) *Fotografia istantanea dei preparati microscopici. Note preliminare* (Rendic. della R. Acad. dei Lincei, vol. IV, 1888).

(3) *Sur quelques procédés de microphotographie* (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., vol. VI, p. 1).

Le tube de l'oculaire stéréoscopique est alors introduit dans le tube du microscope.

Le châssis, qui, situé au fond de la chambre obscure, portera la plaque sensible, fonctionne en même temps comme obturateur. Il est constitué par une boîte carrée de 6 centimètres d'épaisseur; elle contient à l'intérieur deux cylindres sur lesquels s'enroule une bande de toile de caoutchouc noire complètement imperméable à la lumière. Verre dépoli, plaques sensibles se placent comme d'habitude sur des cadres rectangulaires. En tirant sur un cordonnet en soie on fait la toile se dérouler sur les cylindres, laisser exposée à la lumière pendant un temps très court la glace sensible, et revenir à sa position primitive.

La durée de pose est de 1 vingtième de seconde au maximum. Cet obturateur ne se trouvant pas faire corps avec le microscope, son mouvement ne produira pas les fâcheuses trépidations qui peuvent exister dans le cas contraire.

Cet appareil permet d'opérer avec les plus forts grossissements, même avec des objectifs à immersion. Mais il faut alors avoir une source éclairante aussi intense que possible. De là la nécessité d'arrêter les rayons calorifiques en plaçant une cuve d'alun sous la platine du microscope.

M. Capranica est encore arrivé à photographier des mouvements successifs d'êtres microscopiques. Un mouvement d'horlogerie fait avancer une plaque sensible et l'opérateur qui, dans son chercheur, suit les mouvements de l'infusoire ou de la zoospore, fait fonctionner un obturateur juste aux moments qu'il choisit.

V. — Variétés.

Placer des êtres vivants dans des conditions de température constantes et bien connues est une opération que l'on a souvent à faire, principalement dans les recherches bactériologiques. Le nombre des systèmes servant à régler une étuve est assez considérable. Nous ne citerons que deux étuves qui sont construites depuis peu.

La première est l'étuve de M. D'Arsonval, qui, successivement perfectionnée, est constituée aujourd'hui de la façon suivante (fig. 42).

Une enveloppe intérieure (1) a la forme d'un cylindre terminé par deux calottes sphériques. A son intérieur sont deux plateaux superposés (14 et 15) percés de trous sur lesquels on peut mettre les objets en expérience, pots dans lesquels poussent des plantes, tubes de culture, etc.

Une enveloppe extérieure (2) est formée par un cylindre terminé par deux troncs de cône. Entre ces deux enveloppes on met de l'eau par la douille supérieure (1). Cette eau est chauffée par des cheminées intérieures (9) au moyen des brûleurs de Bunsen (4) et (4') dont nous allons voir un peu plus loin les relations avec l'étuve. Le tronc de cône inférieur de l'enveloppe externe est fermé par une membrane de baromètre anéroïde plissée (3) dont la forme changera sous l'action des variations de la pression de l'eau. Quand en effet on aura fermé la douille (5) par le bouchon de caoutchouc (7) que traverse le tube (8) et qu'on chauffera, le liquide se dilatera et montera dans le tube et par suite exercera une pression plus ferme sur la mem-

brane (3). Dans la chambre (10) qui est au-dessous de la membrane s'abouche un tube (11) par lequel arrive le gaz, et c'est de là qu'il va aux brûleurs (4) et (4'). Ce tube (11) porte un pas de vis permettant de l'approcher plus ou moins de la membrane, et peut être fixé à l'aide d'un contre-écrou (12).

Toutes les parties de l'instrument sont métalliques. L'étuve s'ouvre par une porte latérale vitrée.

Voici la série des opérations à faire pour arriver à régler l'étuve à une température voulue :

On remplit d'eau complètement l'étuve par la douille (5) après avoir fixé au trop-plein (6) un caoutchouc le réunissant à un vase qui recevra l'excès d'eau. Puis on fait arriver le gaz et l'on allume les brûleurs. Si le gaz ne passe pas, c'est que l'extrémité du tube (11) est trop rapprochée de la membrane, on l'en éloigne doucement; les brûleurs donnent et on ouvre leur robinet d'air (13) de manière qu'ils brûlent à blanc.

On porte ainsi la température de l'eau à 100° pour que tous les gaz dissous se dégagent et on laisse refroidir jusqu'au degré voulu et qu'un thermomètre plongé dans la douille fait connaître. On ferme alors avec le bouchon (7) traversé du tube (8). Ce dernier tube doit affleurer à l'extrémité inférieure du bouchon et ne pas descendre plus bas, sans quoi il pourrait arriver que dans le courant de la manipulation des bulles d'air se dégageant de l'étuve fussent incapables de sortir immédiatement.

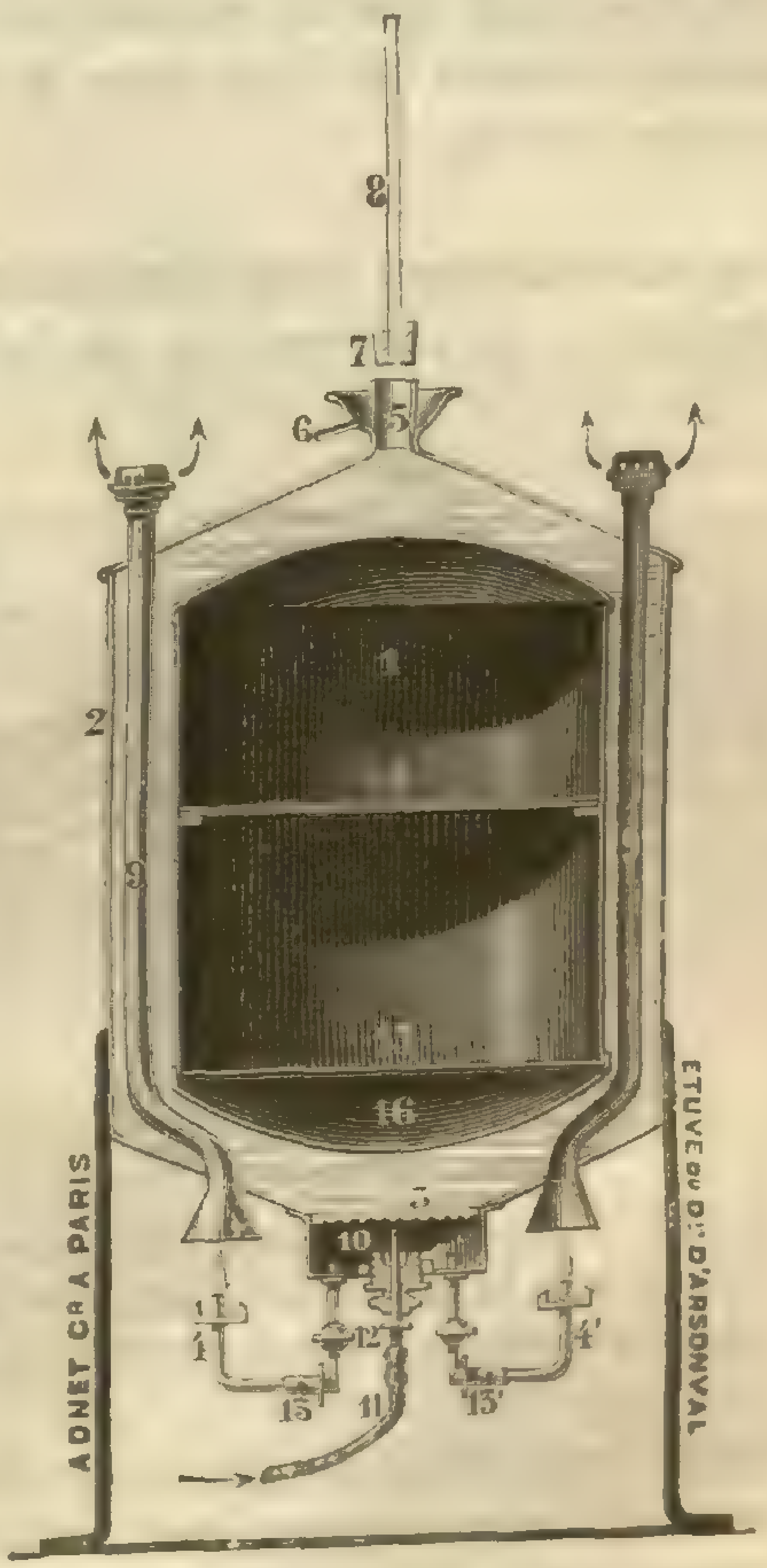


Fig. 42. — *Étuve de M. d'Arsonval.* — 3, membrane métallique plissée; 4 et 4', brûleurs; 9, cheminées intérieures; 11, tube d'arrivée du gaz.

L'eau se dilate, monte dans le tube de verre, exerce une pression croissante, sur la membrane qui se rapproche alors du tube (11) et règle de la sorte l'arrivée du gaz; la flamme baisse, on tourne les prises d'air (13) des becs de manière que la flamme brûle à blanc. Et de la sorte la température est fixée une fois pour toutes, car si l'on rallume après avoir éteint, l'étuve reprendra promptement la température pour laquelle elle a été réglée.

La libre communication de l'eau avec l'atmosphère empêche qu'il y ait jamais, quelles que soient les variations de température de l'étuve, déformation de ses parois. Pour empêcher l'évaporation de l'eau on peut verser dans le tube de verre quelques gouttes de pétrole à la surface de l'eau ou bien fermer l'ouverture supérieure par un tampon de ouate.

Si, l'eau arrivant à peu près à la moitié du tube, les flammes des brûleurs ne baissaient pas, c'est qu'on aurait laissé l'ouverture du tube d'arrivée trop

éloignée de la membrane. Il faudrait visser de façon à l'en rapprocher et le fixer à sa nouvelle position.

Si l'on voulait une température supérieure à 100° au lieu d'eau on pourrait mettre de la glycérine ou de l'huile.

Au contraire si l'on veut une température inférieure à la température ambiante, on ajoute à l'étuve un tube qui contourne les deux corps de l'étuve et dans lequel coule un courant continu d'eau froide. Ce courant et un brûleur unique permettent facilement d'avoir des températures de 20 à 25° par exemple, même si la température extérieure est de 30°.

Si l'on veut que les objets mis à l'étuve soient dans une atmosphère saturée, on met de l'eau dans la calotte hémisphérique inférieure de l'enveloppe interne.

M. Krasilstchick vient d'imaginer une nouvelle étuve que l'on chauffe au pétrole (1). La construction de la lampe est fondée sur l'observation sui-

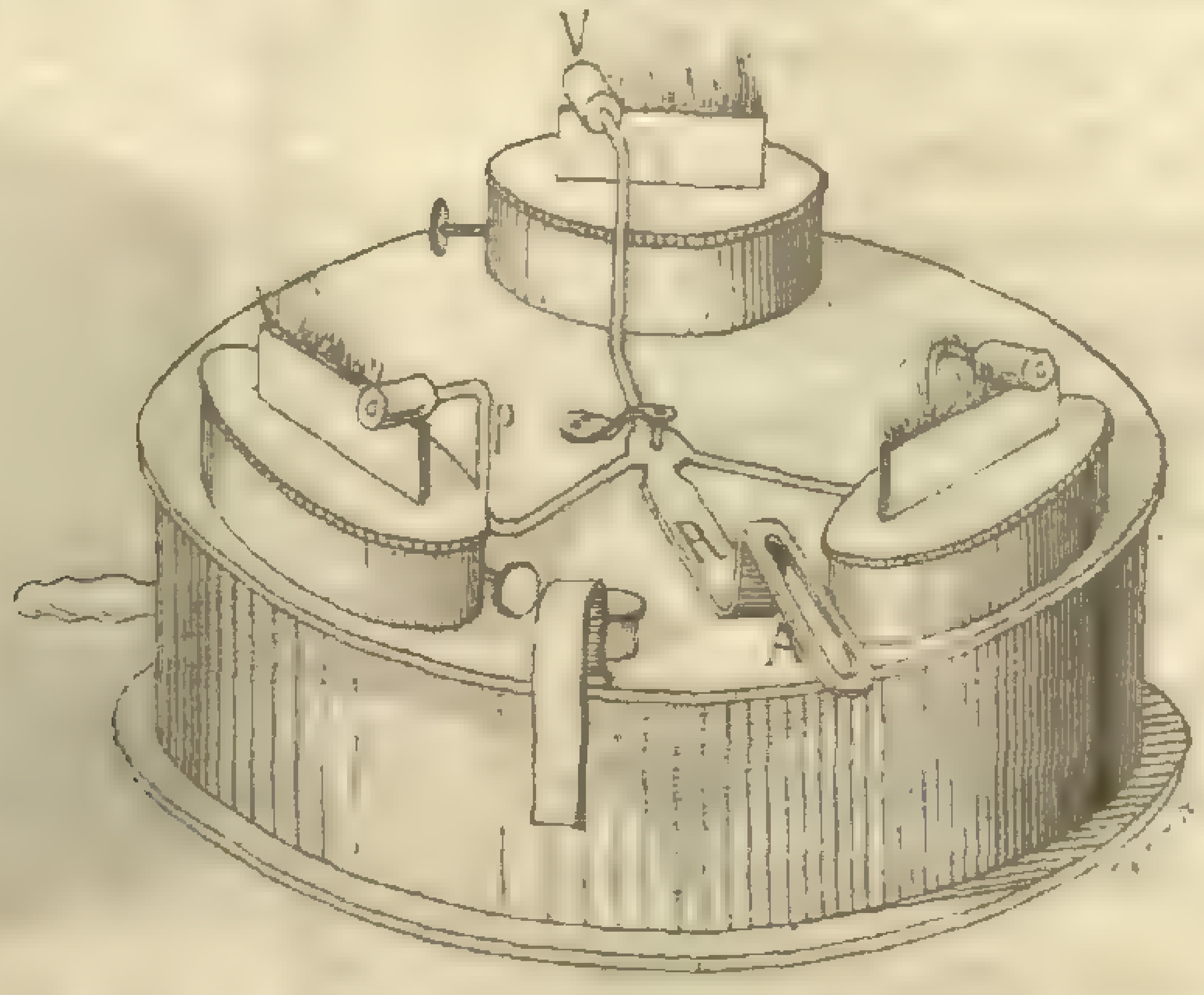


Fig. 43. — *Lampe à pétrole destinée à chauffer l'étuve de M. Krasilstchick.* — R. Lame dont le mouvement déplace les petits cylindres sur les mèches. — A. Fente dans laquelle se place la goupille *g* de la figure suivante.

vante : « Si sur la mèche plate d'une lampe ordinaire à pétrole préalablement allumée on promène, en le faisant rouler d'un bout de la mèche à l'autre, un petit cylindre, tel qu'un crayon par exemple, on voit la flamme s'éteindre sous le cylindre roulant, s'allumer lorsque le cylindre se retire, bref suivre avec précision tous ses mouvements. » En faisant circuler de la sorte un cylindre sur une mèche on pourra donc avoir allumées des largeurs variables et faire ainsi varier la chaleur fournie par la lampe.

La lampe employée présente trois mèches (fig. 43); sur chacune d'elles peut rouler un petit cylindre V porté à l'extrémité d'un levier coudé; ces trois leviers sont reliés à un axe.

Le mécanisme qui règle la marche de ces leviers est celui de M. d'Arsonval : la force développée par la dilatation de l'eau de l'étuve agit sur une membrane. Seulement M. Krasiltstchick conserve le disque de caoutchouc

(1) *Nouvelle étuve chauffée au pétrole, à température réglable à volonté* (Annales de l'Institut Pasteur, t. III, p. 166).

que M. d'Arsonval a remplacé par une membrane métallique. Cet appareil (fig. 44) est situé sur le côté de l'étuve. La membrane de caoutchouc K agit sur un disque D situé à l'extrémité d'une baguette horizontale L et qu'un ressort à boudin S fait presser contre la membrane. Cette baguette forme levier avec un axe vertical et à sa partie inférieure cet axe vertical, porte un autre levier horizontal P. Ce dernier levier porte une goupille *g* qui se place dans une fente A pratiquée dans la branche d'un autre levier R relié à la lampe. C'est le mouvement de ce dernier qui fait tourner les petits cylindres régulateurs de la lampe.

L'étuve se remplit par le haut, et quand elle est pleine d'eau bien purgée d'air, on ferme l'ouverture d'introduction de l'eau par un bouchon que traverse un tube de verre dans lequel l'eau s'élève d'une certaine quantité. Si l'appareil doit être à une certaine température et que les flammes soient assez grandes pour élever encore la température, l'eau de l'étuve se dilatant exerce sur la membrane de caoutchouc une pression plus considérable, repousse le levier supérieur et par suite l'axe vertical; le mouvement se transmettant au levier inférieur, les cylindres viennent rouler sur les mèches et diminuer la largeur qui brûle; la température s'abaisse.

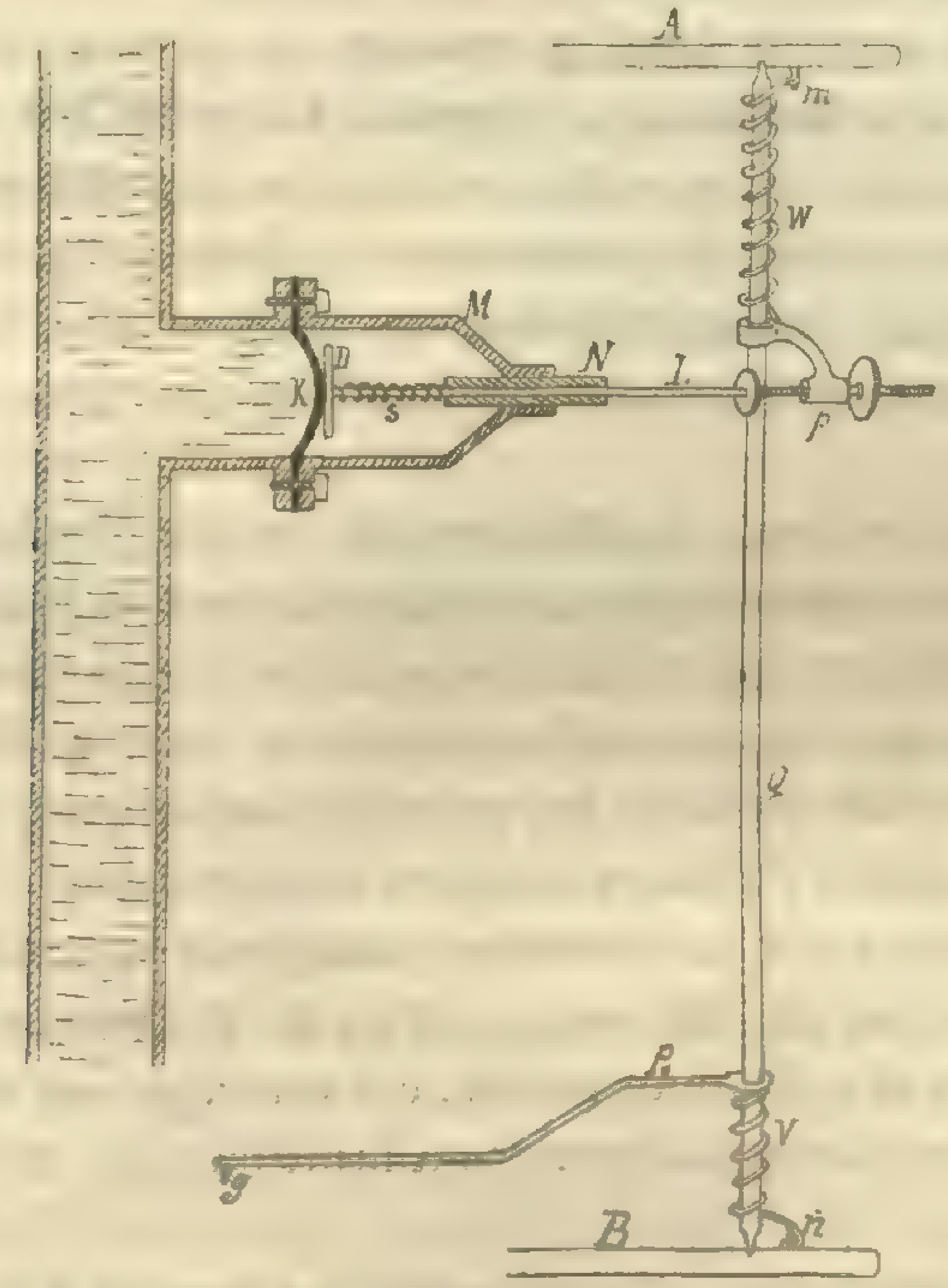


Fig. 44. — *Mécanisme servant à régler l'étuve.* — K. Membrane de caoutchouc. — D, disque; *p* et p_1, leviers; *g*, goupille se plaçant dans la fente A de la figure précédente.

Les mouvements sont rendus très sensibles à l'aide de deux autres ressorts à boudin, l'un W situé en haut de l'axe vertical agit dans le même sens que le ressort qui fait presser le disque sur la membrane; il pousse ce disque sur la membrane si la température s'abaisse; l'autre ressort V situé en bas agit en sens contraire. Il tend à faire tourner l'axe vertical dans le même sens que la pression de l'eau quand cette dernière augmente et gonfle la

membrane de caoutchouc. De la sorte, ce mécanisme intermédiaire formé d'un axe vertical et de deux leviers horizontaux est toujours en état de tension, et toujours le disque butte contre le caoutchouc. Le levier inférieur est dix fois plus long que l'autre. Dans l'étuve telle qu'elle est construite, une variation de 1/4 de degré déplace le disque de 1 millimètre et par suite la goupille du levier inférieur de 10 millimètres. Réglée pour 38°, l'étuve a une température qui varie de 37°,5 à 38°,5.

L'étuve est à double paroi et c'est l'eau contenue entre ces parois que l'on chauffe à la température voulue. Ses portes, qui sont au nombre de deux, s'ouvrent sur le côté et en sens inverse. L'eau qu'elles contiennent entre leurs parois doubles communique avec celle de l'étuve. Elles ne sont pas suspendues sur des charnières ordinaires. Ces charnières sont formées par deux tubes courbés à angle droit et munies de presse-étoupes comme ceux des niveaux d'eau des machines à vapeur. La porte est comprise entre ces deux tubes et grâce aux presse-étoupes tourne sur eux sans difficulté.

Pour ne pas avoir besoin de renouveler à chaque instant le pétrole de la lampe, on la met en communication au moyen d'un tube de caoutchouc avec un récipient qui contient du combustible pour une dizaine de jours.

Les ouvrages qui traitent de Microscopie et de Technique peuvent être destinés soit à des débutants et ne donner alors que les renseignements les plus généraux, indiquer seulement les manipulations les plus importantes, les plus usuelles, soit à des travailleurs qui ont besoin d'être mis au courant de toutes les méthodes, de tous les procédés techniques les plus récents qui se rattachent aux sujets de leurs propres recherches.

Parmi les ouvrages de la première catégorie signalons principalement les « *Premiers principes du Microscope et de la Technique microscopique* », de M. Fabre Domergue (1). Clair et précis, cet ouvrage est destiné à rendre de réels services aux personnes encore peu familiarisées avec le maniement du microscope.

Au nombre des ouvrages plus complets et tout à fait au courant de la technique actuelle, mentionnons, quoique plusieurs d'entre eux soient déjà publiés depuis deux ans environ, quatre ouvrages très importants :

1° *Traité des méthodes techniques de l'anatomie microscopique, histologie, embryologie et zoologie* de MM. Bolles Lee et Henneguy (2). Comme le titre l'indique, c'est surtout aux zoologistes qu'il est destiné. Cependant il est tant de problèmes biologiques dont on peut chercher la solution aussi bien chez les végétaux que chez les animaux, dans ces dernières années tant de recherches de biologie cellulaire ont été faites par des procédés identiques sur ces deux groupes d'êtres, qu'il est à désirer que zoologistes et botanistes, incapables de fixer les limites de leurs domaines respectifs, au lieu de rester isolés, aient de plus en plus des relations de bon voisinage, s'enquièrent mutuellement de leurs découvertes, et se tendent fraternellement la main pour le plus grand profit de la science. A ce titre, nous ne pouvons

(1) Paris, 1889.
(2) Paris, 1887.

que souhaiter que l'ouvrage de MM. Bolles Lee et Henneguy soit sur la table de travail de tous les botanistes. Ils y trouveront en quelque sorte tous les procédés actuellement employés pour durcir, colorer, etc., etc.

2° La deuxième édition du *Botanische Practicum* de M. Strasbürger (1). Le plan de l'ouvrage est le même que dans la première édition. Les manipulations à faire y sont indiquées, non dans l'ordre que l'on adopterait si l'on suivait logiquement un certain ordre d'exposition de la Botanique tout entière, mais, ce qui est assurément préférable pour un traité pratique, dans l'ordre des difficultés croissantes. Cette seconde édition renferme, comparée à la première, d'importantes additions. Citons en particulier les recherches relatives au noyau, exécutées soit en colorant les divers éléments nucléaires, soit en attaquant tels ou tels d'entre eux au moyen de dissolvants appropriés.

3° *Das planzenphysiologische Praktikum*, de M. Detmer, traite successivement des diverses questions de la physiologie végétale; assimilation, respiration, transport des diverses substances dans le corps des plantes, accroissement, etc.; ce n'est cependant pas positivement un Traité de Physiologie; c'est, comme son titre l'indique, un manuel pratique : les procédés de recherches, les instruments sont l'objet principal de l'ouvrage : c'est ce qui en fait l'intérêt particulier et l'utilité spéciale. Les progrès de la Physiologie végétale sont lents, et cependant le champ à explorer est vaste, les problèmes à résoudre du plus haut intérêt théorique ou pratique. Si l'ouvrage de M. Detmer augmente le nombre des adeptes de cette science et facilite leurs travaux, il aura rendu un important service.

4° Le *Manuel technique de microbiologie* de M. Van Ermengem. Cet ouvrage que l'auteur annonce comme une édition française du traité de M. Hüppe intitulé *Die Methoden der Bakterien-Forschung* contient tous les procédés de technique relatifs aux études sur les Bactéries : Méthodes de recherche des Bactéries, de culture, de coloration, etc. Ce n'est pas d'ailleurs une simple traduction; à part quelques paragraphes qui reproduisent presque mot pour mot le texte allemand, chaque page a été pour ainsi dire remaniée ou augmentée de notes nouvelles. L'auteur s'est efforcé d'être complet, et juste envers tous : « Nous nous sommes efforcés, dit-il, de rendre parfaite justice aux méthodes françaises, illustrées par le nom de Pasteur, aux procédés de Miquel, etc., moins connus en Allemagne et traités un peu parcimonieusement dans le livre du Dr Hüppe. » M. Van Ermengem a parfaitement atteint le but qu'il s'est proposé et son ouvrage devra être consulté par tous ceux qui s'occupent de recherches bactériologiques.

Mentionnons, pour terminer, un article où M. Klein (2) s'occupe des moyens à employer pour rendre accessibles facilement et à un grand nombre de personnes à la fois, des objets ou préparations microscopiques. Les projections peuvent rendre des services, mais l'auteur pense avec raison que par ce procédé les objets ne font en quelque sorte que passer rapidement sous les yeux du public, ce qui est un grave inconvénient. Bien préférable est

(1) Iena, 1887.

(2) *Ueber das Zeichnen von Wandtafeln mikroskopischen Objecte für Demonstrations und Unterrichtszwecke* (Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk., vol. VI, p. 18).

l'emploi de tableaux muraux qui restent sous les yeux des auditeurs aussi longtemps qu'on le veut, et dont par suite le sujet se grave mieux dans la mémoire. M. Klein donne relativement à l'exécution de ces tableaux une série de détails qui ne sont guère susceptibles d'être analysés.

L. Dufour.

UNE NOUVELLE ESPÈCE DE CHANTERELLE

Par M. Léon DUFOUR

(Planche 13.)

J'ai trouvé cette espèce dans la forêt des Cèdres de Teniet-el-Haad (province d'Alger), non loin de la maison forestière du Rond-Point des Cèdres, par conséquent à une altitude d'environ 1,450 mètres. Le Djebel-Enndate, montagne sur laquelle se trouve cette forêt, est constitué par un terrain calcaire.

Cette Chanterelle peut se caractériser de la façon suivante :

Chapeau *plan ou légèrement déprimé* au centre, irrégulièrement ondulé sur les bords, *jaune sale*, ayant de 4 à 6 centimètres de diamètre. Chair assez ferme, *violacée*.

Pied presque complètement enfoncé dans le sol, *noirâtre*, *court et épais*, de $4^{cm},5$ à 7 centimètres de longueur, et de 2,5 à 3 de largeur au milieu ; presque cylindrique, quelquefois un peu aminci à la base. Ce pied est *tantôt central*, *tantôt tout à fait latéral*. Il présente au centre un tissu beaucoup plus mou, moins compacte qu'à la périphérie.

Lames décurrentes, réduites à des plis épais, peu saillants, anastomosés çà et là, *violacées*.

Spores blanches, elliptiques, longues de 11 à 14 μ et larges de 4 à 5.

Pas de saveur spéciale ; odeur faible, douce.

Trouvée dans l'herbe sous les chênes et les cèdres le 11 novembre 1888.

Divers échantillons présentent deux individus soudés, et cela à des hauteurs variables ; tantôt le pied, ayant alors à sa base une

épaisseur beaucoup plus grande que celle qui a été indiquée plus haut, est bifurqué vers son milieu et porte alors deux chapeaux distincts, tantôt la soudure persiste jusqu'au sommet du pied, et même parfois les deux chapeaux sont presque complètement unis, deux sillons assez profonds et opposés indiquent seuls l'existence de deux individus.

A cause de son pied court et épais je désigne cette espèce sous le nom de *Cantharellus crassipes*.

Cette espèce est assez voisine du *Cantharellus brevipes* Peck, trouvé dans les bois de Balleton (Amérique du Nord) en juillet. Elle lui ressemble par son pied parfois aminci à la base, ses lames violacées. Mais elle en diffère par le pied à la fois plus court et plus épais, le chapeau plus petit, les spores un peu plus allongées, et par cette particularité de présenter souvent les échantillons unis deux par deux.

Explication de la planche 13.

(Phototypographie directe sur cuivre.)

Cantharellus crassipes L. D. — Les échantillons ont été montés sur des tiges de fer pour faire voir le dessus et le dessous du chapeau réduits de 1/4.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

(Suite.)

DEUXIÈME PARTIE

INFLUENCE DU MILIEU SUR L'ACCROISSEMENT EN POIDS.

Nous avons cherché, jusqu'alors, à isoler autant que possible la part qui revient à l'influence de l'âge dans les variations du poids sec et du poids frais de la plante. Nous avons, dans ce but, placé les plantes dans des conditions telles que, le milieu variant peu, son influence pût être négligée. Il nous reste à reprendre ces expériences en sens inverse, c'est-à-dire à suivre les différences qui se produisent dans deux plantes du même âge soumises à des conditions d'assimilation différentes. La plante assimile du carbone et des sels; cherchons donc, en ne considérant que les cas extrêmes, les modifications qui surviennent :

1° Quand l'assimilation des sels est supprimée (plantes nourries dans l'eau distillée).

2° Quand l'assimilation du carbone est supprimée (plantes vivant à l'obscurité).

Les changements de constitution qui résultent de ces conditions anormales entraînent des modifications morphologiques, dont l'étude ne peut être séparée de celle de leurs causes.

Nous rappellerons rapidement les modifications dues à l'obscurité, qui ont été souvent étudiées ; mais nous insisterons sur celles que produit l'absence de substances minérales. Ces modi-

fications sont bien moins connues, et nous verrons que leur comparaison avec les premières pourra présenter quelque intérêt, quand il s'agira, comme nous nous le proposerons, de rechercher les causes qui les produisent.

I. — Influence des substances minérales sur l'accroissement en poids ; modifications anatomiques qui en résultent.

Le rôle important que les substances minérales jouent dans la végétation a été mis en lumière dès 1860 par M. Pasteur dans ses études sur la *Levure de bière*, et depuis encore (1870), par M. Raulin (1), dans un travail étendu sur la nutrition du *Sterigmatocystis*. Zoller, d'autre part, a montré que la potasse et la chaux, dans les végétaux supérieurs, ont les rapports les plus intimes avec la formation de la cellulose.

Ces recherches, et bien d'autres, conduisent à penser qu'il se produira dans la plante privée, depuis sa germination, de substances minérales, des modifications considérables.

1° *Dispositif employé.* — Pour suivre ces modifications, des Lupins ont été cultivés, toutes conditions égales d'ailleurs, les uns dans de l'eau distillée, les autres dans la solution de Knop, que nous avons déjà employée précédemment.

Les graines sont mises à germer dans une coupelle entourée d'eau, et recouverte d'une cloche. Lorsque la racine a atteint une certaine longueur, 2 ou 3 centimètres environ, la plante est fixée, suivant le procédé de Sachs, au centre d'un bouchon, qui ferme une éprouvette à pied. Cette éprouvette est remplie soit avec de l'eau distillée, soit avec la solution.

Ces cultures, plusieurs fois reprises, nous ont toujours donné des résultats concordants. Ces résultats intéressent la morphologie et la physiologie de la plante.

2° *Première période de végétation.* — Pendant les premiers temps du développement, il est impossible de distinguer entre elles les plantes qui poussent dans la solution et celles qui poussent dans l'eau distillée.

(1) Raulin : *Études chimiques sur la végétation* (Ann. des sc. naturelles, 1870).

Dans les deux séries, les cotylédons, bien verts, se développent également et tombent à la même époque. De même, les premières feuilles qui apparaissent ne présentent aucune différence sensible dans la grandeur et la couleur.

Après trente jours de végétation, du 30 avril au 30 mai, toutes ces plantes possédaient encore leurs cotylédons, et portaient huit feuilles. Quatre de ces Lupins ont été desséchés ; deux avaient poussé dans la solution, et deux dans l'eau distillée.

Le rapport du poids de l'eau de ces plantes à leur poids sec a été trouvé égal à :

	Dans la solution.	Dans l'eau distillée.
Racines	16	17
Axe	12	12
Cotylédons	12	12
Tige	13	13
Feuilles	9	9

Ainsi, à part une légère différence dans les racines, la proportion d'eau est la même dans les deux plantes, qui ont, du reste, perdu, puis gagné également en substance sèche.

3° *Deuxième période de végétation.* — Jusqu'alors, les deux séries de plantes sont donc, sous bien des points, comparables. Les différences, si elles existent déjà, sont peu visibles. Ces différences deviennent, au contraire, trés accentuées avec la suite du développement. Pour les mieux observer, reprenons les plantes beaucoup plus tard, après soixante jours de végétation par exemple (planche 10).

Les plantes pourvues de sels et les plantes élevées dans l'eau distillée sont alors nettement dissemblables.

Dans l'eau distillée, les entre-nœuds sont *longs* et *grêles ;* la tige atteint en moyenne une hauteur de 22 centimètres.

Dans la solution, au contraire, les entre-nœuds sont *courts* et *épais;* la tige ne mesure environ que 16 centimètres.

De plus, tandis que les feuilles des plantes nourries de substances minérales sont *larges* mais *jaunâtres*, les feuilles des plantes cultivées dans l'eau pure sont *petites*, mais *très vertes.*

Le nombre des feuilles est du reste le même dans les deux cas.

A ces différences morphologiques correspondent des différences anatomiques.

En coupe transversale, la tige hypocotylée d'une plante élevée dans la solution présente, à cette époque, quatre faisceaux libéro-ligneux distincts. Dans chaque faisceau, les vaisseaux du bois, disposés en files radiales, sont séparés par de nombreuses cellules de parenchyme ligneux.

Dans la plante élevée dans l'eau pure, cette distinction des quatre faisceaux de la tige hypocotylée n'est plus possible. Il y a ici un anneau libéro-ligneux continu, à vaisseaux plus rares que précédemment, et dont les fibres très serrées laissent à peine apercevoir, çà et là, quelques cellules de parenchyme.

Quant aux épaisseurs relatives de la moelle et de l'écorce, on peut les représenter par les nombres suivants, dont les sommes exprimées en divisions du micromètre oculaire représentent elles-mêmes les épaisseurs relatives des deux tiges hypocotylées à cette époque.

	Dans l'eau distillée.	Dans la solution.
Écorce	4.5	11
Bois et liber	3.0	3
Moelle	6.5	7
	14.0	21

Dans la tige épicotylée, des mesures analogues, prises dans le premier entre-nœud par exemple, donnent :

	Dans l'eau distillée.	Dans la solution.
Écorce	4	4
Bois et liber	2	2
Moelle	8	11
	14	17

Dans cette partie de la plante également, la présence de sels a eu pour résultat de retarder la lignification. Le fait est surtout bien évident dans le péricycle. Ce péricycle, en effet, présente de nombreux paquets de sclérenchyme chez les plantes poussant dans l'eau distillée. Dans l'autre série de plantes, au contraire, on ne trouve aucune trace de ces fibres.

En ce qui concerne la moelle et l'écorce, il serait difficile de déduire une loi quelconque des nombres cités plus haut. Tandis que, dans l'axe hypocotylé, l'épaisseur est due au développement

de l'écorce, dans la tige épicotylée elle est produite par le développement de la moelle. Un seul fait s'en dégage donc, qui ressort également de l'examen de la zone libéro-ligneuse, où les cellules sont très nombreuses dans les plantes nourries de sels :

La présence de substances minérales dans la plante est accompagnée d'une production plus grande de parenchyme et d'une formation moindre d'éléments de soutien.

Poursuivons maintenant l'étude de ces diverses modifications dans les feuilles. Ces modifications portent sur le parenchyme en palissade et sur l'épiderme.

Dans les plantes privées de sels, les cellules du parenchyme en palissade sont *petites* mais *nettement palissadiques ;* les cellules de l'épiderme ont leurs contours rectilignes, les stomates sont en petit nombre.

Les plantes élevées dans la solution présentent des caractères tout autres. Dans le parenchyme en palissade les cellules sont plus irrégulières et se rapprochent davantage, par leur forme, des cellules de la face inférieure. Dans l'épiderme les cellules ont leurs contours plus sinueux et les stomates sont plus nombreux que chez les plantes pauvres en substances minérales.

Ces faits anatomiques établis, desséchons les plantes, comme précédemment. Le rapport du poids de l'eau au poids sec est alors trouvé égal à :

	Dans la solution.	Dans l'eau distillée.
Racines	18	13
Axe	12	7
Tige	14	11
Feuilles	10	8

Ainsi la proportion d'eau est bien moindre dans l'eau distillée que dans la solution. Et cependant il n'y a pas, dans le premier cas, flétrissement de la plante, qui est bien vivante. Un gramme de graine sèche est devenu en effet :

Dans la solution.			Dans l'eau distillée.		
1gr,538 ainsi réparti :	Racines	0gr,210	1gr,694 ainsi réparti :	Racines	0gr,417
	Axe	0 ,140		Axe	0 ,178
	Cotylédons	0 ,131		Cotylédons	0 ,134
	Tige	0 ,219		Tige	0 ,215
	Feuilles	1 ,038		Feuilles	0 ,750

La différence est donc faible entre les deux séries de plantes. Le retard de croissance des plantes élevées dans l'eau distillée réside surtout dans les feuilles. Quant au gain plus grand des racines, nous l'avons retrouvé dans plusieurs autres expériences sans pouvoir l'expliquer. Du reste nous avons surtout donné les nombres précédents pour montrer que, dans l'ensemble, les plantes en sont arrivées au même point de végétation et que les résultats donnés plus haut sont comparables. Dans la suite, les plantes privées de sels meurent, en général, sans fleurir, tandis que les autres continuent leur développement.

4° *Causes de la différence dans la proportion d'eau.* — Comment expliquer maintenant cette différence dans la proportion d'eau de la plante? Cette différence ne peut être causée que par le ralentissement de la transpiration, ou par l'augmentation de l'absorption dans les plantes pourvues de sels.

Ralentissement de la transpiration. — Bürgerstein a constaté que les solutions retardent toujours la transpiration. Dans le même temps, une plante privée de sels transpire plus qu'une plante qui absorbe une solution nourricière. Le fait a été observé sur un assez grand nombre d'espèces; il doit donc être rangé parmi les causes de l'accumulation d'eau dans la plante.

J'ajouterai toutefois qu'il ne me semble pas suffisant à expliquer complètement les différences observées. J'ai fait en effet, à ce sujet, plusieurs expériences sur des plantes aussi semblables que possible, mais cultivées, depuis la germination, les unes dans la solution, les autres dans l'eau distillée.

Ces plantes ont été enfermées plusieurs heures, chacune sous une cloche hermétiquement close, dont l'intérieur était continuellement desséché par l'acide sulfurique concentré.

Après quarante-huit heures, les quantités d'eau évaporée ont été :

3gr,105 pour la plante de la solution.
3 ,090 — de l'eau distillée.

Plusieurs autres expériences ne m'ont pas donné de différences plus appréciables.

Le ralentissement de la transpiration peut être, et est en effet,

une des causes de la grande quantité d'eau renfermée dans la plante pourvue de sels ; il ne m'en semble pas toutefois la cause principale.

Augmentation de l'absorption. — La vraie cause de cette forte proportion d'eau me semble résider surtout dans l'augmentation de l'absorption. Bien que les agents essentiels de la turgescence soient, comme l'a montré H. de Vries, les acides organiques, il est certain que les sels que nous avons introduits dans la plante attirent aussi et retiennent une certaine quantité d'eau. Le fait peut être prouvé expérimentalement.

A l'époque où nous les avons observées pour la seconde fois, l'analyse montre que les plantes dont les racines plongent dans la solution nourricière renferment environ quatre fois plus de sels que les plantes cultivées dans l'eau distillée.

Les plantes renferment alors environ :

Pourvues de sels....	0gr,400 de sels	pour	16 grammes	d'eau.
Privées de sels.....	0 ,100	—	16	—

Deux solutions de phosphate de potasse, par exemple, qui est un des sels nourriciers employés, sont faites dans ces proportions. Avec l'une d'elles, on remplit un tube, dont l'une des extrémités, très évasée, est fermée par une membrane perméable, et dont l'autre extrémité est effilée et recourbée. Un autre tube de même calibre, semblablement disposé, est rempli avec la seconde solution. Chacun de ces tubes ainsi rempli plonge, par l'extrémité évasée, dans une cuvette contenant de l'eau.

L'eau, dans laquelle plonge le tube renfermant la solution la plus faible, est distillée. L'eau dans laquelle plonge l'autre tube renferme les mêmes sels que la solution nourricière employée pour nos cultures, et dans les mêmes proportions.

Des phénomènes d'osmose se produisent alors, et l'eau attirée par les sels dans les tubes déjà pleins s'écoule par l'extrémité effilée et recourbée. Cette eau est recueillie, et son volume est mesuré au bout d'un certain temps. Nous constatons alors que la solution la plus forte (en contact avec le liquide de Knop) a attiré une bien plus grande quantité d'eau que la solution faible

(en contact avec l'eau distillée). Le rapport des deux volumes d'eau est environ de 5 pour le phosphate de potasse. Il est encore plus grand quand on répète cette expérience avec l'azotate de chaux.

Ces expériences ne reproduisent évidemment que de très loin, et très grossièrement, les phénomènes qui se passent dans la plante. Elles prouvent néanmoins que, dans les deux séries de cultures observées, les plantes pourvues de sels attirent une plus grande quantité d'eau de la solution nourricière, que les plantes pauvres en sels n'attirent d'eau distillée. Si nous considérons, d'autre part, que les premières plantes, tout en absorbant plus d'eau, en transpirent plutôt moins, nous nous expliquerons aisément pourquoi, à partir du moment où les sels commencent à être abondants dans les plantes, la proportion d'eau devient sensiblement plus grande dans la plante pourvue de sels que dans la plante qui en est privée ainsi.

Les sels, augmentant l'absorption et tendant à diminuer la transpiration, élèvent la proportion d'eau de la plante.

Causes des différences anatomiques observées. — Une plante riche en substances minérales renferme donc en même temps une plus grande proportion d'eau qu'une plante pauvre de ces substances.

Il importe, dès lors, de se demander auquel de ces deux faits concomitants on doit rapporter les différences morphologiques observées dans les deux séries de plantes.

Ces différences, rapidement rappelées, sont :

Quand les sels manquent ou quand l'eau interne diminue :

Dans la tige	Lignification plus grande. Vaisseaux moins nombreux. Parenchyme moins abondant. Tige moins épaisse. Entre-nœuds plus longs.
Dans la feuille...	Surface moins grande. Coloration plus verte. Différence moins marquée entre les cellules des deux faces. Parois des cellules épidermiques non ondulées. Stomates moins nombreux.

Il est à remarquer que ces variations de structure ont déjà été signalées sous l'influence d'autres conditions.

C'est un fait bien connu, que l'obscurité retarde la lignification et développe le parenchyme.

M. L. Dufour, d'autre part, a montré que :

1° Les feuilles des plantes exposées à l'ombre ont les parois de leurs cellules épidermiques ondulées;

2° La surface de ces feuilles augmente avec l'humidité du sol.

Enfin, M. Vesque a constaté que, dans l'air humide, les feuilles sont moins ouvertes que dans l'air presque sec, plus pâles (étiolement de couleur), et présentent une différence moindre dans la forme des cellules des deux faces.

Or, dans tous ces cas : obscurité, ombre, humidité de l'air ou du sol, il y a tendance à une proportion d'eau plus grande dans les cellules. Il nous semble, par suite, légitime, en trouvant dans les faits observés la même cause (une plus grande abondance d'eau dans la plante), de lui rapporter les mêmes effets.

Nous reviendrons, du reste, plus longuement sur ce point, après avoir étudié la végétation à l'obscurité.

Pour le moment, nous énoncerons d'une façon générale le fait établi par les exemples précédents :

L'absence de sels modifie notablement la structure de la plante, mais ces modifications paraissent dues en grande partie, moins à l'absence de sels qu'à la diminution d'eau de constitution qui en résulte.

II. — Influence de l'obscurité sur l'accroissement en poids.

Historique. — L'étude de la végétation à l'obscurité, envisagée au point de vue des variations du poids sec de la plante, est due surtout à Boussingault (1). Les travaux de ce savant ont montré que, dans la jeune plante, à l'obscurité comme à la lumière, il y a perte de poids.

Cette perte de poids est représentée par une perte de carbone due à la respiration, et par une perte d'hydrogène et

(1) Boussingault : *De la végétation dans l'obscurité* (Annales des sciences naturelles, 1874).

d'oxygène, dans les proportions voulues pour former de l'eau.

Mais, tandis qu'à l'obscurité la plante perd continuellement en poids, à la lumière l'assimilation vient contre-balancer la respiration, et finit par l'emporter. Il y a alors gain, et si l'on compare maintenant les deux plantes, on tro ve que :

La perte de la plante à l'obscurité est toujours représentée par du carbone, et de l'hydrogène et de l'oxygène dans les proportions voulues pour former de l'eau.

Le gain de la plante à la lumière est représenté par du carbone, et de l'hydrogène et de l'oxygène, dans le rapport voulu pour former de l'eau.

Godlewski, en 1879 (1), poussa plus loin ces recherches en comparant, non seulement les plantes entières, mais leurs différents membres, à la lumière et à l'obscurité. Mais ses expériences ne portent que sur un temps très court (4-5 jours), et ne fournissent aucun renseignement sur la durée de la végétation à l'obscurité, ni sur les différentes périodes de cette végétation.

Depuis ce temps, aucun travail important sur ces variations de la substance sèche ne semble avoir été publié.

Au contraire, en ce qui concerne les variations de l'eau et les différences morphologiques produites par la présence ou l'absence de lumière, les travaux sont relativement nombreux.

On sait quels sont les caractères morphologiques de la plante étiolée : la tige prend un énorme accroissement, tandis que les feuilles, dans les Dicotylédones du moins, restent très petites.

D'après de Candolle (2), cet allongement exagéré de la tige est dû à un ralentissement de l'assimilation. A la lumière, l'assimilation introduit dans la plante une certaine quantité de carbone, qui durcit les parois cellulaires et les rend plus résistantes à l'allongement.

Telle est aussi l'opinion de Sachs, et c'est en effet, comme nous le verrons, au moins en partie, l'explication rationnelle du phénomène (3).

(1) Godlewski : *Zur Kenntniss der Ursachen der Formänderung etiolirter Pflanzen* (Botanische Zeitung, 1879).

(2) De Candolle : *Physiologie végétale.*

(3) Sachs : Botanische Zeitung, 1863.

Kraus (1) a reconnu que les cellules de la tige à l'obscurité étaient non seulement plus grandes, mais aussi plus nombreuses. D'après lui, et les expériences de Sorauer confirment le fait, l'allongement de la moelle (ou de l'écorce dans les tiges creuses) est dû à une forte absorption d'eau, qui facilite, dans les tissus, l'interposition de nouvelles particules entre les anciennes.

Mais comment, par contre, expliquer le faible développement des feuilles?

D'après Kraus, les feuilles ne se développent qu'aux dépens des matériaux qu'elles ont assimilés elles-mêmes. L'assimilation faisant défaut à l'obscurité, les feuilles restent petites.

Bataline (2) n'admet pas cette influence de l'assimilation. Il fait remarquer que les feuilles des Monocotylédones prennent à l'obscurité un grand développement, bien qu'elles ne puissent assimiler. Pour lui, la feuille étiolée ne grandit pas, parce que ses cellules ne peuvent se diviser.

Prantl (3), à son tour, montre, par des mesures précises, que la théorie de Bataline est inacceptable, car il a observé, dans les feuilles à l'obscurité, une multiplication cellulaire.

Rauwenhoff, en 1877 (4), sans donner une explication complète du phénomène, fait remarquer que le développement est surtout faible dans les feuilles qui présentent un contraste évident entre leur face supérieure et leur face inférieure. L'arrêt d'accroissement serait un phénomène pathologique dû en partie au défaut d'assimilation, en partie à d'autres actions, tant chimiques que physiques, qui ont de l'influence sur l'accroissement.

Detmer (5) nie cette influence de l'assimilation. Il cultive comparativement des Raphanus à l'obscurité et à la lumière, mais dans une atmosphère privée d'acide carbonique. Il trouve que les feuilles sont plus développées à la lumière, bien que la plante n'ait pu assimiler et il en conclut que la cause du faible

(1) Kraus : Jahrbücher für Wiss. Bot., t. VII.
(2) Bataline : Botanische Zeitung, 1871.
(3) Prantl : Arbeiten des Bot. Instituts zu Würzburg, fasc. III.
(4) Rauwenhoff : *Formes anormales des plantes croissant à l'obscurité* (Ann. des sc. nat., 1877).
(5) Detmer : Pflanzen physiologie, 2e édition.

accroissement des feuilles à l'obscurité réside surtout dans la diminution de la turgescence.

Les expériences de Wiesner (1) et de H. de Vries (2) ont montré en effet, d'une part, que les acides organiques sont dans les plantes les agents essentiels de la turgescence; d'autre part, que ces acides manquent dans les tiges des Monocotylédones et des Dicotylédones à la lumière, et dans les feuilles des Dicotylédones à l'obscurité, tandis qu'ils sont abondants, à l'obscurité, dans les tiges des Dicotylédones et dans les tiges et les feuilles des Monocotylédones. Il y a donc une concordance bien nette entre le développement des organes et la présence des acides organiques, ou la turgesence qui en résulte, dans ces organes.

Cette influence de l'eau est-elle la seule agissante, et l'assimilation ne joue-t-elle aucun rôle dans les phénomènes en question? C'est ce que nous chercherons à déterminer plus loin, en introduisant un nouvel élément de comparaison dans cette étude. Nous reprendrons auparavant, dans le but de les compléter, les expériences de Boussingault et de Godlewski sur les changements que subit à l'obscurité la constitution de la plante.

1° *Marche générale de la végétation à l'obscurité.* — Une telle végétation, comme l'a fait remarquer Boussingault, durera tant que les matières de réserve de la graine pourront fournir du carbone. La rapidité de la dépense dépendant des conditions externes, la durée de la végétation variera suivant la saison. Il serait donc évidemment impossible de fixer dans le temps la fin de la végétation. Morphologiquement au contraire la limite paraît assez facile à établir.

Pour le Lupin, par exemple, la vie s'arrête environ au moment où la quatrième feuille apparaît. Dans le Sarrazin les deux premières feuilles seules se développent généralement, puis la plante se flétrit et meurt.

Il est à remarquer que les mêmes plantes élevées à la lumière, mais dans un air privé d'acide carbonique, meurent ordinairement à la même période de leur végétation, comme

(1) Wiesner : *Sitzber. d. k. Akademie d Wiss*, 1874.
(2) H. de Vries : Bot. Zeit., 1879.

j'ai eu plusieurs fois l'occasion de le constater. C'est donc bien au manque d'assimilation qu'est due la mort de la plante à l'obscurité.

Deux séries d'expériences ont été faites sur le Lupin : l'une aux mois d'avril-mai 1888, l'autre au mois de juin de la même année.

Dans la première expérience, la troisième feuille, à l'obscurité, a atteint son entier développement après vingt-six jours de végétation (21 avril-17 mai).

Dans la seconde expérience, où la saison était plus avancée, cette troisième feuille était développée au bout de dix-huit jours (19 juin-30 juin).

Dans les deux cas, les plantes ont cessé de s'accroître après ce développement de la troisième feuille. Néanmoins elles sont restées fraîches quelques jours encore et ne se sont flétries qu'un certain temps après. Nous décrirons plus loin les phénomènes qu'elles ont présentés pendant cette courte période terminale de la végétation.

D'autres plantes avaient été cultivées en même temps à la lumière, toutes conditions égales d'ailleurs. Elles possédaient :

Dans la 1re expérience	(17 mai)........	6 ramifications.
— la 2e —	(30 juin)........	4 —

A ces deux époques 1 gramme de substance sèche de la graine était devenu

	Plante verte.	Plante étiolée.
1re expérience (17 mai)........	1gr,150	0gr,760
2e — (30 juin)........	0 ,970	0 ,730

Ces nombres ne font qu'indiquer les résultats déjà obtenus par Boussingault : la plante, après un certain temps de végétation à l'obscurité, pèse notablement moins qu'à la lumière. Mais cette différence de poids dans les deux cas commence-t-elle dès le début de la germination ?

2° *Variations du poids sec à l'obscurité, depuis le début de la germination jusqu'à la chute du tégument de la graine.* — Considérons les plantes de la deuxième série d'expérience, qui ont été

mises en germination le 11 juin. Huit jours après, le tégument de la graine n'est pas encore tombé, à la lumière ni à l'obscurité ; les différences morphologiques sont pourtant déjà acentuées.

De deux plantes prises à la lumière, l'axe hypocotylé de l'une mesure 0^{m},025, celui de l'autre 0^{m},035. Dans deux plantes prises à l'obscurité, les deux axes hypocotylés mesurent 0^{m},050. Il n'y a pas de racines secondaires, et la racine primaire a à peu près la même longueur dans les deux cas.

Ainsi l'axe hypocotylé est déjà notablement plus long à l'obscurité qu'à la lumière ; c'est la seule différence morphologique des deux séries de plantes.

D'autre part l'analyse de deux de ces plantes donne :

Poids sec total		Lumière.		Obscurité.	
	de la plante......	0^{gr},884		0^{gr},877	
	des racines.......	0 ,046	C=0^{gr},021	0 ,044	C=0^{gr},029(?
			H=8 ,006		H=0 ,006
			Cend=0 ,002		Cend=0 ,003
	du reste de la plante	0 ,836	C=0 ,409	0 ,820	C=0 ,410
			H=0 ,067		H=0 ,068
			Cend=0 ,044		Cend=0 ,044

Ces nombres, on le voit, sont absolument comparables. La seule différence consiste dans la quantité de carbone des racines et elle est plutôt due à une erreur d'analyse. En effet cette quantité de carbone représenterait les 66 p. 100 du poids de la racine. Cette proportion est anormale ; je ne l'ai jamais retrouvée dans aucune analyse de racines, où le carbone varie entre 45 et 50 p. 100. Or, la proportion 50 p. 100 donnera 0^{m},022 de carbone.

On peut donc regarder comme absolument semblables, au point de vue de leur constitution élémentaire, deux plantes dont le tégument n'est pas encore tombé, que ces plantes aient végété à la lumière ou à l'obscurité. Il y a eu simple transport de matières, dans l'un et l'autre cas.

Ce transport ne s'est pas, pourtant, effectué de la même façon. Le *reste de la plante* se compose de l'axe hypocotylé et des cotylédons. Analysons séparément ces deux membres.

Nous obtiendrons les nombres suivants :

Poids sec	Lumière.		Obscurité.	
de l'axe............	0gr,093	C=0gr,039 H=0 ,012 Cend=0 ,007	0gr,157	C=0gr,078 H=0 ,015 Cend=0 ,018
des cotylédons et de la gemmule.......	0 ,743	C=0 ,370 H=0 ,055 Cend=0 ,037	0 ,663	C=0 ,332 H=0 ,053 Cend=0 ,026

Ainsi, si le transport des matières, organiques ou inorganiques, a été sensiblement le même dans les deux cas pour les racines, il a été notablement plus grand des cotylédons dans l'axe, à l'obscurité qu'à la lumière, et ce fait concorde avec le développement plus grand de l'axe, à l'obscurité.

Après cette période, qui est la véritable période germinative, puisque la plante ne se développe alors qu'aux dépens de ses réserves, aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, la chute du tégument, en permettant l'assimilation, amène entre les deux séries de plantes soumises à des conditions diverses d'éclairement les différences de poids déjà signalées.

Ce sont ces différences que nous allons étudier dans chaque membre de la plante pris séparément, et nous verrons combien elles sont variables suivant l'organe considéré.

3° *Variations de la substance sèche à l'obscurité après la chute du tégument de la graine.*

Cotylédons. — Nous venons de voir que, même avant la chute du tégument de la graine, le poids sec des cotylédons est moindre à l'obscurité qu'à la lumière et que cette différence est due au développement exagéré de l'axe hypocotylé dans la plante étiolée.

Mais en même temps, dans les deux cas, il y a une diminution de poids des cotylédons due à la respiration, et cette diminution est la même à la lumière et à l'obscurité puisque les deux plantes, prises en totalité, pèsent le même poids.

Après la chute des téguments il ne doit plus en être de même. Tandis, en effet, que cette chute n'apporte aucune modification dans les cotylédons étiolés, à la lumière, au contraire, les cotylédons, dont le tégument empêchait jusqu'alors le verdissement,

croissent et se développent. En même temps que perte de matière, due à la respiration, il doit y avoir gain dû à l'assimilation. Les différences de poids déjà observées plus haut entre les cotylédons à la lumière et à l'obscurité doivent donc s'accentuer, puisque non seulemen les premiers fournissent moins de matériaux à l'axe hypocotylé, mais peuvent gagner encore en poids, d'un autre côté. L'analyse pourtant n'accuse pas ces différences.

Ainsi, dans la première expérience, après vingt-six jours (8-17 mai), les cotylédons pesaient en moyenne, pour 1 gramme de graine :

A la lumière : $0^{gr},260$; à l'obscurité : $0^{gr},200$. Différence : $0^{gr},060$.

Dans la deuxième expérience, après dix-neuf jours (11-30 juin), ils pesaient, toujours pour 1 gramme de graine :

A la lumière : $0^{gr},280$; à l'obscurité : $0^{gr},230$. Différence : $0^{gr},050$.

Or, les cotylédons analysés précédemment pesaient, après huit jours de germination :

A la lumière : $0^{gr},740$; à l'obscurité : $0^{gr},660$. Différence : $0^{gr},080$.

On voit que les différences de poids ne se sont pas sensiblement accentuées pendant ce long intervalle de temps. Les produits d'assimilation seraient donc en faible quantité dans les cotylédons, et on peut en effet constater le fait directement.

Les cotylédons de trois Lupins germant depuis quinze jours ont été exposés au soleil, de 2 heures à 5 heures, dans une atmosphère confinée. L'air a été analysé avant et après l'expérience. Il renfermait au début $0^{gr},009$ d'acide carbonique. Après trois heures d'expérience, il ne renfermait plus que $0^{gr},003$ d'acide carbonique ; ce qui représente $0^{gr},006$ d'acide carbonique disparu, c'est-à-dire $0^{gr},0016$ de carbone assimilé par les cotylédons de trois Lupins verts, à l'heure la plus favorable de la journée pour l'assimilation.

Les cotylédons d'un Lupin assimilent donc, dans une journée, une quantité de carbone qui, même après vingt jours, a une influence insignifiante sur leur poids sec.

On peut, par suite, à toutes les périodes de la végétation, considérer cette perte de poids plus grande des cotylédons à l'obscu-

rité, simplement comme le résultat d'un appel plus grand de matières par les autres organes.

Axe hypocotylé. — L'étude de l'axe à l'obscurité présente un certain intérêt. Morphologiquement, on sait que cet axe est, de tous les organes de la plante, le plus turgescent à l'obscurité, et celui qui prend le plus grand développement, comme on pourra du reste s'en rendre compte par les nombres qui vont suivre.

Or, contrairement à ce qui arrive pour toutes les autres parties végétatives, sa quantité de substance sèche est aussi notablement plus considérable à l'obscurité qu'à la lumière.

Les deux séries d'expériences déjà mentionnées nous ont en effet fourni les résultats suivants :

	Longueur de l'axe.		Poids p. 1 gr. de graine.	
	Lumière.	Obscurité.	Lumière.	Obscurité.
Après 17 jours (8 mai)........	0m,046	0m,100	0gr,150	0gr,250
— 21 — (11 —)........	0 ,070	0 ,150	0 ,194	0 ,350
— 26 — (17 —)........	0 ,075	0 ,160	0 ,200	0 ,350

et, d'autre part :

Après 8 jours (19 juin)........	0m,060	0m,080	0gr,090	0gr,157
— 12 — (23 —)........	0 ,060	0 ,110	0 ,130	0 ,270
— 19 — (30 —)........	0 ,070	0 ,160	0 ,160	0 ,280

Dans ces deux séries d'expériences, la plante, à l'obscurité, vit encore un certain temps. Néanmoins, à partir du dix-neuvième jour dans un cas, du vingt et unième dans l'autre, l'axe cesse de croître en poids d'une façon appréciable. Il est à remarquer que c'est aussi à partir de ce moment que sa croissance longitudinale s'arrête à la lumière et à l'obscurité.

Ainsi *l'axe prend à l'obscurité un développement en poids et en volume notablement plus grand qu'à la lumière, mais la durée de ce développement est la même.*

De plus, quelle que soit l'époque, comme on peut le voir dans ces deux séries d'expériences, le rapport du gain à l'obscurité au gain à la lumière reste constant.

Les rapports $\frac{150}{250}, \frac{200}{350}, \frac{90}{160}, \frac{160}{280}$ oscillent en effet entre les rapports très rapprochés $\frac{56}{100}$ et $\frac{60}{100}$.

En d'autres termes, *la marche des variations, en poids sec, de l'axe hypocotylé est la même à la lumière et à l'obscurité.*

Le fait prouve que l'assimilation n'intervient pas, ou seulement d'une façon insensible, dans l'accroissement de l'axe hypocotylé à la lumière.

Racines. — Tant que le tégument n'est pas tombé, les racines, comme nous l'avons vu, ont le même poids à l'obscurité et à la lumière.

Le tableau suivant donne les résultats que nous avons obtenus, dans nos expériences faites au mois de mai et au mois de juin.

	Longueur de la racine.		Poids sec pour 1 gr. de graine.	
	Lumière.	Obscurité.	Lumière.	Obscurité.
Après 12 jours (3 mai).........	0m,070	0m,090	0gr,073	0gr,072
— 17 —	0 ,150	0 ,150	0 ,120	0 ,105
— 21 —	0 ,190	0 ,250	0 ,140	0 ,110
— 26 —	0 ,200	0 ,330	0 ,180	0 ,120

Deuxième expérience.

	Longueur de la racine.		Poids sec pour 1 gr. de graine.	
	Lumière.	Obscurité.	Lumière.	Obscurité.
Après 8 jours (19 juin).......	0 ,060	0 ,070	0 ,045	0 ,045
— 12 —	0 ,110	0 ,110	0 ,095	0 ,065
— 19 —	0 ,200	0 ,200	0 ,140	0 ,080

Il suffit d'observer les tableaux suivants pour en déduire les faits qui suivent :

Il n'y a pas de différence bien nette dans la longueur des racines, chez les plantes vivant à la lumière et chez les plantes vivant à l'obscurité. Ajoutons que, dans ce dernier cas, les racines secondaires apparaissent très tard et restent toujours très rares et très courtes.

Après la chute des téguments, leur *poids sec total* devient inférieur à celui des racines dans les plantes vertes, mais il augmente pourtant pendant toute la durée de la végétation active, c'est-à-dire jusqu'à l'apparition de la quatrième ramification. Quant au *gain quotidien*, tandis qu'à la lumière il a aug-

menté aussitôt après la chute du tégument, à l'obscurité, au contraire, il est resté le même quelques jours encore après cette chute, puis il a diminué.

L'analyse de la substance sèche des racines montre en outre que, malgré la différence des poids secs, la quantité de substances minérales est à peu près la même dans les deux cas.

Ainsi, dans la deuxième expérience les racines renferment :

Lumière.

Après 8 jours..........	Pour 0gr,045	de subst. sèche	0gr,002	de cendres.
— 12 —	— 0 ,094	—	0 ,006	—
— 19 —	— 0 ,144	—	0 ,007	—

Obscurité.

Après 8 jours..........	Pour 0gr,046	de subst. sèche	0gr,003	de cendres.
— 12 —	— 0 ,066	—	0 ,0045	—
— 19 —	— 0 ,079	—	0 ,006	—

Gemmule. — Cette partie, comme il est aisé de le prévoir, est celle qui présente, après la chute du tégument, les plus grandes différences dans les deux cas.

Première série d'expériences.

	Nombre de feuilles.		Poids sec.	
	Lumière.	Obscurité.	Lumière.	Obscurité.
Après 12 jours (3 mai)........	2 longues.	2 courtes.	0gr,095	0gr,030
— 14 —	3 —	2 —	0 ,195	
— 19 —	4 —	3 —	0 ,410	0 ,150

Deuxième série d'expériences.

Après 17 jours..............	2 longues.	2 courtes.	0gr,140	0gr,060
— 21 —	3 —	2 —	0 ,205	0 ,090
— 26 —	6 —	3 —	0 ,510	0 ,110

Les quantités de substances minérales dans les deux cas sont aussi différentes. Elles égalent :

Lumière.

Après 12 jours.....	Pour 0gr,095	de subst. sèche	0gr,007	de sels.
— 19 —	— 0 ,410	—	0 ,035	—

Obscurité.

Après 12 jours.....	Pour 0gr,030	de subst. sèche	0gr,001	de sels.
— 19 —	— 0 ,150	—	0 ,005	—

Ainsi à l'obscurité :

Le poids sec de la gemmule s'accroît lentement, avec le développement foliaire; les substances minérales sont toujours en très faible quantité.

4° *Variations des substances minérales dans ces différents membres de la plante, à l'obscurité.* — La plante étiolée, comme la plante verte, absorbe des substances minérales.

Nous savons que la plante vivant à la lumière absorbe des sels dès le début de la germination, avant la chute du tégument; et nous avons vu, dans le tableau que nous avons donné plus haut, que, à la même époque, 1 gramme de graine, qui renferme avant la germination 0gr,038 de sels, a absorbé dans le même temps la même quantité de sels, à la lumière et à l'obscurité. Dans les deux cas la quantité de sels est en effet égale à 0gr,047 au moment de la chute du tégument.

Dans une autre expérience, faite au mois de mai, les plantes renferment, de même, après douze jours de germination, et avant la chute du tégument, à la lumière comme à l'obscurité, 0gr,043 de sels pour 1 gramme de graine.

Après la chute du tégument, l'analyse de plusieurs plantes qui ont vécu à l'obscurité a donné, en moyenne, pour 1 gramme de graine :

Après 12 jours........................	0gr,043 de sels.
— 17 —	0 ,056 —
— 21 —	0 ,054 —
— 26 —	0 ,055 —
— 35 —	0 ,058 —

Dans l'expérience faite au mois de juin, l'analyse a donné :

Après 8 jours........................	0gr,048 de sels.
— 12 —	0 ,050 —
— 19 —	0 ,048 —
— 28 —	0 ,048 —

On voit que, dans les deux cas, il y a, au début, une assez forte absorption de substances minérales, mais que bientôt (dix-septième jour dans un cas — douzième dans l'autre) cette absorption paraît cesser, et que la quantité de sels de la plante

reste à peu près la même jusqu'à la fin de la végétation.

Cette absorption cesse même avant la fin de croissance de l'axe, à l'époque, à peu près, où les cotylédons s'écartent, et où la gemmule apparaît.

A la lumière, au contraire, les substances minérales continuent à s'accumuler dans la plante, et le développement des feuilles, comme il a déjà été dit, active encore leur absorption.

Ainsi, après vingt-six jours, 1 gramme de graine est devenu :

A la lumière $1^{gr},120$ renfermant $0^{gr},094$ de sels.

A l'obscurité $0^{gr},750$ renfermant $0^{gr},055$ de sels.

Quant à la répartition de ces sels dans la plante, elle est liée à la répartition de la substance sèche.

Ainsi, pour 1 gramme de graine, les divers membres de la plante contiennent en substances minérales, à l'obscurité :

	Racines.	Axe.	Cotylédons.	Tige.
Après 8 jours....	$0^{gr},003$	$0^{gr},018$	$0^{gr},026$	»
— 12 —	0 ,0045	0 ,027	0 ,019	$0^{gr},001$
— 19 —	0 ,006	0 ,027	0 ,012	0 ,005

D'autre part, une plante qui a germé dix-neuf jours, à la même époque, à la lumière, et qui a alors quatre feuilles bien développées, renferme, pour 1 gramme de graine, en substances minérales :

Racines.	Axe.	Cotylédons.	Tige.
$0^{gr},007$	$0^{gr},009$	$0^{gr},015$	$0^{gr},035$

Ces deux analyses comparatives montrent que, à l'obscurité :

Les racines renferment pendant un certain temps à peu près la même quantité de cendres qu'à la lumière.

Les cotylédons perdent leurs sels plus rapidement.

L'axe hypocotylé, au contraire, est beaucoup plus riche en substances minérales qu'à la lumière.

La tige n'en renferme jamais qu'une très faible quantité.

C'est donc, en somme, au faible développement de cette tige qu'est due surtout la faible absorption des substances minérales par les plantes vivant à l'obscurité.

5° *Fin de la végétation de l'obscurité.* — Nous avons suivi la

plante jusqu'à l'apparition de la troisième feuille. Il nous reste à rechercher ce qu'elle devient ensuite. A partir de cette époque elle ne se développe plus, en apparence, et cependant elle ne se flétrit pas encore.

Dans la deuxième série d'expériences, par exemple, les plantes que nous avons étudiées jusqu'au dix-neuvième jour de germination sont encore fraîches neuf jours après.

Jusqu'au dix-neuvième jour ces plantes ont continuellement gagné en eau.

Ainsi, le douzième jour, 1 gramme de graine sèche était devenu $0^{gr},953$ et renfermait $9^{gr},072$ d'eau.

Le dix-neuvième jour 1 gramme de graine sèche est devenu $0^{gr},731$ et renferme $14^{gr},282$ d'eau.

Mais, si nous reprenons ces mêmes plantes le vingt-huitième jour de germination, nous trouvons que, tandis que la substance sèche a encore diminué, la quantité d'eau de la plante est égale à $13^{gr},850$, c'est-à-dire qu'elle a peu varié.

Dans la première série d'expériences, nous obtenons un résultat à peu près semblable. La plante renferme pour 1 gramme de graine :

Après 26 jours	$15^{gr},410$
— 35 —	13 ,920

Ainsi, après avoir terminé sa croissance, et avant de se flétrir. la plante reste, en quelque sorte, stationnaire, ne perdant qu'une faible quantité d'eau.

Pendant ce temps, comme précédemment, la substance sèche a diminué. Mais il y a ici, toutefois, une différence avec ce que nous avons observé plus haut. Jusqu'au vingt-sixième jour, par exemple, les cotylédons seuls perdaient, les autres membres de la plante gagnaient en substance sèche. Après le vingt-sixième jour, ces membres ont eux-mêmes perdu, comme les cotylédons.

En effet 1 gramme de graine est devenu :

Après 26 jours.			Après 35 jours.		
	Racines	$0^{gr},120$		Racines	$0^{gr},090$
$0^{gr},776$	Axe	0 ,354	*$0^{gr},670$*	Axe	0 ,306
ainsi répartis :	Cotylédons	0 ,200	ainsi répartis :	Cotylédons	0 ,188
	Tige	0 ,107		Tige	0 ,084

Dans une autre plante, prise après trente-cinq jours, la perte était un peu moindre que dans cette dernière, et ne portait que sur la tige, qui pesait de même, en poids sec, 0gr,083.

Pour cette plante, 1 gramme de graine était devenu 0gr,780. Elle avait donc peu varié depuis le vingt-sixième jour. Le carbone, l'hydrogène et les cendres qu'elles renferment ont été dosés. Nous avons obtenu :

Pour 0gr,780 de substance sèche.	Carbone	= 0gr,246
	Hydrogène	= 0 ,044
	Cendres	= 0 ,058

Il est à remarquer que si, dans la formule de l'asparagine $C^8H^8Az^2O^6$, nous donnons pour valeur à l'hydrogène 0gr,044 nous avons :

C	= 0gr,264
H	= 0 ,044
O	= 0 ,264
Az	= 0 ,154
	0gr,726

Et, si nous ajoutons à ce poids celui des cendres de la plante 0gr,058, nous obtenons pour total : 0gr,784.

La plante peut donc être considérée à cette époque, où elle termine sa végétation, comme présentant une composition qui se rapproche de celle de l'asparagine.

On sait que cette substance s'accumule dans la plante à l'obscurité. Le fait n'a donc pas lieu d'étonner, mais il est intéressant en ce qu'il précise la fin de la végétation à l'obscurité.

Cette végétation se termine quand toutes les matières albuminoïdes de la graine ont été dédoublées. A l'état normal, l'asparagine qui résulte de ce dédoublement redonne, avec les hydrates de carbone produits par l'assimilation, des matières albuminoïdes.

Mais à l'obscurité, ces hydrates de carbone manquant, l'asparagine ne peut subir aucune modification. Quand les matières albuminoïdes ont été complètement dédoublées, et qu'il ne reste dans la plante que de l'asparagine, tout phénomène chimique cesse, et la plante meurt.

En résumé, la végétation des plantes étiolées peut être divisée en trois phases.

1° *Les cotylédons perdent en poids. Les racines, les feuilles et l'axe gagnent;*

2° *Les cotylédons perdent en poids. L'axe cesse de croître. Les racines et les feuilles gagnent;*

3° *Tous les organes de la plante perdent en poids, jusqu'au moment où les matières albuminoïdes sont complètement dédoublées.*

La plante ne renferme plus guère alors que de l'asparagine et meurt.

III. — Variations de la quantité d'eau, a l'obscurité.

1° *Proportion d'eau de la plante.* — Nous ne nous sommes jusqu'ici occupés que de la substance sèche de la plante. L'étiolement produit encore, dans la quantité d'eau interne de cette plante, des différences qu'il convient d'examiner.

Contrairement à ce qui arrive pour la substance sèche, ces différences se manifestent dès le début de la germination.

Dans les deux plantes, par exemple, pourvues encore de leurs téguments, que nous avons analysées après 8 jours de germination, nous trouvons que :

A la lumière le poids de l'eau = 7 fois le poids sec.
A l'obscurité — = 10 —

Onze jours après,

A la lumière le poids de l'eau = 12 fois le poids sec.
A l'obscurité — = 18 —

Dans une autre série d'expériences, après 17 jours de germination,

A la lumière le poids de l'eau = 11 fois le poids sec.
A l'obscurité — = 12 —

Neuf jours après,

A la lumière le poids de l'eau = 14 fois le poids sec.
A l'obscurité — = 19 —

On voit encore que, pour un même temps,

Dans la première expérience :

A la lumière le poids de l'eau a augmenté dans le rapport $\frac{7}{12}$

A l'obscurité — — $\frac{10}{18}$

Dans la deuxième expérience :

A la lumière le poids de l'eau a augmenté dans le rapport $\frac{11}{14}$

A l'obscurité — — $\frac{12}{19}$

Ces rapports montrent que, d'une manière générale, aux différentes époques de la végétation, la proportion d'eau augmente toujours plus rapidement à l'obscurité qu'à la lumière.

Mais ici encore il est bon d'étudier chaque membre de la plante séparément.

2° *Proportion d'eau de chaque membre de la plante.*

Cotylédons. — Les cotylédons sont plus développés à la lumière qu'à l'obscurité. Nous avons vu ailleurs que, à la lumière, la quantité totale d'eau qu'ils renferment au début de la germination va en augmentant légèrement pendant la durée de leur vie. Le même fait a lieu à l'obscurité.

Ainsi les cotylédons de graines mises à germer à la même époque renferment, pour 1 gramme de graine :

	Obscurité.	Lumière.
Après 8 jours...........	2gr,900 d'eau.	3gr,047 d'eau.
— 12 —	3 ,047 —	3 ,116 —
— 19 —	3 ,224 —	3 ,814 —
— 28 —	3 ,000 —	3 ,124 —

Dans une autre expérience, ils renferment en eau :

	Obscurité.	Lumière.
Après 17 jours..................	2gr,498	3gr,285
— 21 —	3 ,072	3 ,340

Remarquons que les graines avaient été mises à germer dans les mêmes conditions. Les cotylédons retiennent donc une quantité d'eau un peu plus grande à la lumière qu'à l'obscurité.

A part cette différence, qui date du début de la germination,

les cotylédons se comportent, comme le montrent les nombres précédents, sensiblement de même à la lumière et à l'obscurité. D'un côté ils perdent en substance sèche, de l'autre ils gagnent en eau. Ce qui prouve, une fois de plus, l'indépendance absolue, dans la plante, de la quantité d'eau et de la quantité de matière sèche.

En résumé, dans les cotylédons, à l'obscurité comme à la lumière, bien que la substance sèche diminue, la quantité totale d'eau augmente. Cette quantité est toutefois un peu moindre à l'obscurité qu'à la lumière.

Axe hypocotylé. — Les phénomènes sont tout différents dans l'axe hypocotylé.

Pour le Lupin, le rapport du poids d'eau au poids sec de l'axe de la plante a été trouvé égal à :

Première expérience :

	Lumière.	Obscurité.
Après 17 jours.....	14	20
— 21 —	15	25
— 26 —	15	25

Deuxième expérience :

	Lumière.	Obscurité.
Après 8 jours............	10	14 Tégument non tombé.
— 12 —	13	15
— 19 —	16	23

Nous avons trouvé précédemment que le rapport du poids sec gagné par l'axe hypocotylé, dans un temps donné, au poids primitif était égal, à la lumière et à l'obscurité. Les nombres précédents montrent qu'il n'en est pas de même pour le gain de l'axe en eau, car, du dix-septième au vingt et unième jour, dans la première expérience, le rapport du poids d'eau au poids sec s'est élevé de

$\frac{15}{14} = 1,07$ à la lumière. $\frac{25}{20} = 1,25$ à l'obscurité.

De même dans la deuxième expérience, du douzième au dix-neuvième jour, ce rapport s'est élevé de

$\frac{16}{13} = 1,30$ à la lumière. $\frac{23}{15} = 1,53$ à l'obscurité.

C'est une nouvelle preuve de l'indépendance relative, que nous avons déjà plusieurs fois constatée, entre le gain de la substance sèche et son gain en eau.

Remarquons pourtant que, à l'obscurité comme à la lumière, ces deux gains cessent à la même époque, en même temps que l'augmentation de la substance sèche : le vingt et unième jour, par exemple, dans la première expérience.

L'axe hypocotylé gagne en eau pendant le même temps, à la lumière et à l'obscurité, mais les proportions de ce gain sont plus grandes et s'élèvent plus rapidement à l'obscurité.

Racines. — Dans les racines, le rapport du poids d'eau au poids sec égale :

		Lumière.	Obscurité.
1re Exp. :	Après 17 jours.......	15	17
	— 21 —	15	19
	— 26 —	16	21
2e Exp. :	Après 8 —	12	16 Tég. non tombé. Transpirat. retardée.
	— 12 —	13	15
	— 19 —	15	18

La différence entre la lumière et l'obscurité est ici moindre que pour l'axe; mais, comme dans l'axe, *la proportion d'eau est plus grande et augmente plus rapidement à l'obscurité qu'à la lumière.*

Gemmule. — Dans la partie épicotylée, après la chute du tégument, il n'y a d'abord aucune différence dans la proportion d'eau, à la lumière et à l'obscurité.

Par exemple, dans une première expérience, après 17 jours, cette proportion était égale à 7 dans les deux cas.

Dans une seconde expérience, après 12 jours, nous avons retrouvé cette même proportion 7 pour les plantes étiolées et les plantes vertes.

A cette époque les Lupins ont deux feuilles, et l'accroissement de l'axe hypocotylé s'arrête. Vers le moment de l'apparition de la troisième, les proportions d'eau deviennent :

Première expérience (mai).

	Lumière.	Obscurité.
Après 21 jours....................	8	16

Deuxième expérience (juin).

	Lumière.	Obscurité.
Après 19 jours	7	17

Et cette énorme augmentation dans la proportion d'eau à l'obscurité n'est pas due à une diminution de la substance sèche, la quantité d'eau restant la même. Aux époques considérées, en effet, la substance sèche a encore gagné en poids ; et, en valeur absolue, la quantité d'eau, pour 1 gramme de graine, est devenue dans la gemmule :

	17e jour.	21e jour.
Première expérience	0,490	1,377
	12e jour.	19e jour.
Deuxième expérience	0,156	2,481

Ainsi, la partie épicotylée a renfermé d'abord la même proportion d'eau à la lumière et à l'obscurité ; mais, vers l'époque où la croissance de l'axe hypocotylé s'est arrêtée, cette proportion d'eau est devenue notablement plus forte, dans la partie épicotylée, à l'obscurité qu'à la lumière. Cette partie continue du reste à s'accroître en poids sec.

Plus tard, la proportion d'eau augmente dans tous les membres de la plante, mais ici la cause est différente ; ce n'est plus une augmentation d'eau ; mais une diminution de substance. En réalité, il y a, quoique faiblement, perte d'eau jusqu'à la mort de la plante.

En résumé :

La plante prise dans son ensemble renferme à l'obscurité une plus grande quantité d'eau, par rapport au poids sec, qu'à la lumière.

Cette proportion d'eau est surtout très forte dans l'axe hypocotylé. Elle y augmente rapidement, et atteint un maximum qu'elle conserve jusqu'à la fin de la croissance de la plante étiolée.

Elle est plus faible dans la racine, mais encore plus grande qu'à la lumière, et augmente jusqu'à la fin de la croissance.

Elle est la même qu'à la lumière dans la tige, pendant le développement de l'axe hypocotylé. Après ce temps, elle devient notablement plus forte.

Elle est un peu plus faible qu'à la lumière dans les cotylédons, mais la différence est très légère. Cette différence s'accuse dès le début et reste à peu près la même pendant toute la vie de ces organes. En d'autres termes, les cotylédons vivants gagnent constamment en eau, mais faiblement, à l'obscurité comme à la lumière.

3° *Causes de la forte proportion d'eau.* — Quelle est la cause de la forte proportion d'eau des organes vivant à l'obscurité? On a mis plusieurs fois en avant l'influence du ralentissement de la transpiration.

Pour étudier comparativement cette transpiration, à la lumière et à l'obscurité, il faut évidemment choisir la période de végétation où les deux plantes ont entre elles la plus grande ressemblance possible. Cette époque est celle où la plante, à la lumière, n'a encore que deux feuilles, comme la plante étiolée.

Deux plantes ont été prises ainsi au moment de la chute du tégument et ont été placées, chacune sur une éprouvette à pied renfermant une solution. Un bouchon dans lequel elles étaient fixées par la base de l'axe hypocotylé fermait hermétiquement l'éprouvette et empêchait l'évaporation de la solution. Le volume de cette solution dans laquelle trempent les racines étant connu, chaque appareil est placé sous une cloche, à côté d'un vase renfermant de l'acide sulfurique qui absorbera l'eau transpirée. Une des deux cloches est entourée de papier noir.

Les plantes sont restées dans l'appareil jusqu'à l'apparition de la troisième ramification, à la lumière.

Au bout de cinq jours, nous avons obtenu (23-28 juillet) :

	Lumière.	Obscurité.
Eau absorbée	12 gr.	13 gr.
Eau évaporée	9,265	8,270

Dans une autre expérience qui a duré trois jours (7-10 sept.), les quantités d'eau évaporée ont été très faibles, mais les quantités d'eau absorbée ont été :

A la lumière	2 grammes.
A l'obscurité	4 —

Ce fait d'une absorption d'eau plus grande, au début de la végétation, à l'obscurité qu'à la lumière, peut encore être mis en évidence par une méthode permettant une observation, en volume, plus sensible que l'observation en poids.

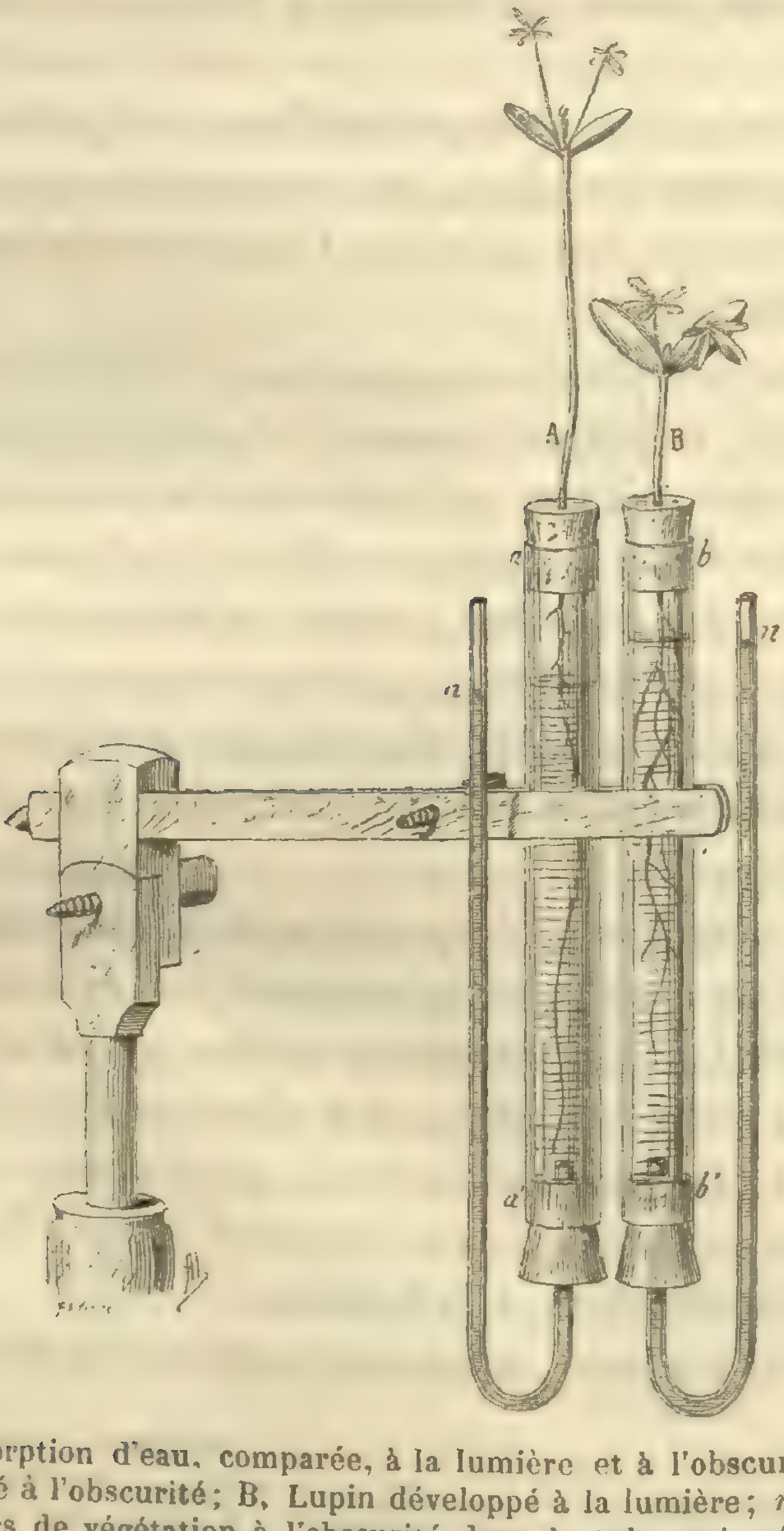


Fig. 45. — Absorption d'eau, comparée, à la lumière et à l'obscurité; A, Lupin qui s'est développé à l'obscurité; B, Lupin développé à la lumière; *n*, niveau de l'eau après dix jours de végétation à l'obscurité dans le tube *aa'*; *n'*, niveau de l'eau après dix jours de végétation à la lumière dans le tube *bb'*.

Un morceau *aa'* d'un tube de 2 centimètres de diamètre environ est fermé à l'une de ses extrémités, *a'*, par un bouchon en caoutchouc, dans lequel passe un tube à diamètre fin, recourbé en U comme le montre la figure. Un autre morceau *bb'* du même tube est disposé de la même façon.

Les deux tubes sont placés l'un à côté de l'autre, et remplis presque complètement avec de l'eau qui atteint dans l'un et l'autre la même hauteur.

Deux très jeunes Lupins, fixés chacun au centre d'un bouchon, en *a* et *b*, sont mis à végéter, chacun dans la branche d'un de ces tubes. L'un d'eux, A, est entouré d'un cylindre de papier noir ; l'autre, B, vit à la lumière. Chaque plante, en se développant, attire l'eau du tube dans lequel plongent ces racines. Le niveau de l'eau s'abaisse ainsi constamment dans les deux branches de chaque tube en U, et il est facile, par des lectures faites de temps à autre sur le tube à diamètre étroit, de mesurer ces dépressions de l'eau.

On constate alors que, en même temps que la plante placée à l'obscurité allonge, plus que la plante à la lumière, son axe hypocotylé, le niveau de l'eau, dans le tube où elle plonge, s'abaisse plus rapidement que dans l'autre.

De cette expérience et des précédentes il résulte donc que :

La forte proportion d'eau que renferme une plante à l'obscurité est due à la fois au ralentissement de la transpiration et à l'augmentation de l'absorption.

Sur la cause de cette absorption, la théorie de Wiesner et de H. de Vries (1) semble rationnelle. Il y a, en effet, une concordance remarquable entre cette plus grande absorption d'eau par certaines parties de la plante, et la présence, dans ces parties, des acides organiques qui sont les agents essentiels de la turgescence.

(1) Wiesner et H. de Vries, *loc. cit.*

(A suivre.)

OBSERVATIONS
SUR LES RENONCULACÉES
DE LA FLORE DE FRANCE

Par M. Gaston BONNIER

(*Suite*)

(Planche 14.)

THALICTRUM (*Suite*).

3° *Structure.* — 2. *Tiges.* — La structure des tiges des *Thalictrum* a été étudiée déjà avec d'assez grands détails. J'insisterai seulement sur un point déjà mis en évidence par M. Costantin (1), c'est la comparaison de la structure des tiges de diverses sortes dans le *Thalictrum minus.*

Des coupes faites à quelques millimètres de distance à travers le rhizome ou à travers la base souterraine de la tige florifère font voir des différences frappantes.

C'est ainsi que si l'on compare les figures 1 et 2 de la planche 14, qui sont des phototypographies directes sur cuivre représentant deux coupes transversales, on reconnaît dans la coupe supérieure (fig. 1) la structure ordinaire des Monocotylédones; telle serait, par exemple, la coupe transversale de la tige du Petit-Houx (*Ruscus aculeatus*). La figure du bas, au contraire, (fig. 2), représente une coupe transversale de Dicotylédone avec les formations secondaires normales du cylindre central; on y distingue la couche génératrice donnant du bois vers l'intérieur, sur un seul cercle, et du liber vers l'extérieur.

(1) J. Costantin : *Étude comparée des tiges aériennes et des tiges souterraines des Dicotylédones* (Ann. des sc. nat.; Bot., 1883).

Or, ces deux coupes sont faites à quelques millimètres de distance l'une de l'autre (en *a* et *b*, fig. 37) (1). La figure 1 est une coupe de la partie souterraine d'une tige florifère; la figure 2 est une coupe faite à travers le rhizome, tout près de la première.

On ne saurait donner d'exemple plus net pour faire voir le peu d'importance que présentent les caractères de la structure de la tige lorsqu'on veut distinguer les Monocotylédones des Dicotylédones.

Le *T. aquilegifolium* présente des différences de structure analogues, et la structure diffère, en outre, dans le gros rhizome principal et dans les stolons grêles.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 14.

(Phototypographies directes sur cuivre.)

Thalictrum minus.

Fig. 1. — Coupe transversale faite à la base de la tige florifère, dans sa partie souterraine, montrant les nombreux faisceaux sur plusieurs cercles sans formations secondaires, comme chez une Monocotylédone.

Fig. 2. — Coupe transversale faite dans le rhizome, montrant les formations secondaires et le bois sur un seul cercle, comme dans les tiges ordinaires de Dicotylédones.

2. — *Distribution géographique.*

Thalictrum aquilegifolium L. — L'indication de la flore de Grenier et Godron (2) « coteaux, bois des montagnes de toute la France », semble faire croire que l'aire d'extension de cette espèce est plus considérable qu'elle ne l'est en réalité.

S'il est vrai que ce *Thalictrum* soit commun dans la région subalpine des Pyrénées centrales (Mieg.), où il peut atteindre la région alpine inférieure (Val.), qu'en Dauphiné on l'observe jusque dans la plaine ainsi qu'en Savoie, où il descend aux plus

(1) Voyez plus haut, p. 338.
(2) T. I, p. 5.

basses altitudes (Gav.), il faut signaler d'autre part les régions où ce *Thalictrum* est très rare et celles où il manque complètement.

On ne saurait le trouver sur les coteaux ou dans les bois des montagnes ni dans les Ardennes, la Nièvre, la Côte-d'Or, la Haute-Marne, la Marne (Baz.), ni dans la région méditerranéenne (C.), ni dans la Haute-Vienne ou le Lot (M.), ni dans l'Ouest.

Cette espèce est très rare dans l'Aude, où on ne l'a rencontrée qu'à Belcaire, dans les Pyrénées (Bai.), ainsi que dans l'Aveyron, où on ne l'a observée que dans les monts d'Aubrac (C.). Elle est très rare dans l'Auvergne et n'a été signalée qu'en quelques points du Cantal (H.).

En somme, c'est presque uniquement dans l'Est et dans la chaîne des Pyrénées que s'étend le *T. aquilegifolium.*

Il est à remarquer que l'extension en altitude de cette plante augmente d'une manière notable à mesure qu'on s'élève vers le nord; car tandis que dans les Pyrénées et dans les Alpes cette espèce est ordinairement limitée à la zone subalpine, elle atteint les hautes sommités du Jura.

Thalictrum alpinum L. — Ce *Thalictrum* est très rare dans les Alpes et très commun dans presque toute la région alpine des Pyrénées.

Thalictrum fœtidum L. — Cette plante a été citée à tort par de Candolle au mont Salève en Savoie; elle ne s'y trouve pas (Gav.).

Thalictrum minus L. — Le *T. minus*, avec toutes les espèces qui s'en rapprochent ou qui se confondent avec lui (*T. Grenieri*, Loret, *T. saxatile DC. non G.G.*), *T. majus Murr.*, etc., etc.), est souvent considéré comme exclusivement calcicole.

Les représentants de ce groupe d'espèces se rencontrent en effet exclusivement sur les terrains calcaires dans l'Ouest, dans la Lorraine, dans le centre (Ch.), ainsi que dans les Ardennes, le Nord et le Nord-Ouest (Masc.).

Cependant on en trouve dans les Alpes de nombreuses variétés ou sous-espèces croissant sur les terrains granitiques, gneissiques et schisteux, entre autres de nombreuses formes décrites à titre d'espèces par M. Jordan. J'ai trouvé le *T. minus* type (*T. calcareum Jord.*), très souvent développé en Oisans sur des terrains sans calcaires.

Le *T. silvaticum Koch*, qui se rapproche des espèces de ce groupe, a été indiqué à tort par Sagot à Montpellier; il n'y a jamais été observé par les botanistes indigènes (F. et B.).

Thalictrum flavum L. — Cette espèce, qui est commune dans une grande partie de la France, s'élève ordinairement très peu dans les montagnes. Elle est moins commune dans l'Ouest que dans le Nord-Est. Le *T. flavum* devient rare dans les Ardennes (Baz.), en Savoie et en Haute-Savoie, paraît manquer dans l'Aveyron (C.); il est très rare près de Maringues (Puy-de-Dôme) (H.) ainsi que dans l'Hérault.

ANEMONE.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Fleurs et inflorescences.* — On sait que les fleurs de beaucoup d'espèces du genre *Anemone* présentent parfois de grandes variations dans la forme et la structure de leurs diverses parties. Sans parler des espèces qui, comme les *A. hortensis* et *A. coronaria*, offrent normalement de grandes diversités dans leurs fleurs et montrent tous les intermédiaires entre les sépales pétaloïdes et les étamines, je citerai quelques exemples de variation moins fréquents.

L'*A. nemorosa* a des sépales dont la couleur et la forme peuvent varier beaucoup. J'ai trouvé près de Marlotte (Seine-et-Marne) un pied de cette espèce, dont tous les rameaux aériens se terminaient par une fleur à trois sépales extérieurs verts comme trois sépales de Ficaire; les autres était pétaloïdes. Ces sépales avaient une ébauche d'éperon à leur base. Il n'est pas rare de

rencontrer des exemplaires d'*A. nemorosa*, attaqués par l'*Æcidium anemones* (*Puccinia fulva*) et dont les sépales sont déformés, souvent creusés en cornet comme des sépales de *Myosurus* ou des pétales d'Ancolie.

Parfois les sépales ne se développent pas, et l'on peut trouver, par compensation, qu'une feuille de l'involucre s'est transformée en un sépale pétaloïde, comme dans le curieux échantillon que représente la figure 46 ; c'est un *A. alpina* qui a été récolté

Fig. 46. — *Anemone alpina* : plante anormale dont une des feuilles de l'involucre est transformée en sépale pétaloïde (Herbier A. Pellat).

en Dauphiné par M. Fauché-Prunelle et dont je dois la communication à l'obligeance de M. A. Pellat.

On ne saurait songer à tirer parti d'exemples analogues à ce dernier pour assimiler les feuilles de l'involucre à des sépales, puisque beaucoup d'Anémones ont normalement plusieurs pédoncules dans l'involucre. On peut citer, à ce propos, certaines Anémones qui n'ont ordinairement qu'une seule fleur dans l'involucre, mais qui peuvent en produire plusieurs. Cela s'observe quelquefois chez l'*A. nemorosa* et beaucoup plus souvent, comme on le sait, chez l'*A. ranunculoides*.

L'*A. silvestris* est plus curieux, à cet égard, car on y voit souvent plusieurs fleurs sur une même tige aérienne, mais ces fleurs n'ont pas leurs pédoncules partant d'un même involucre.

Fig. 47. — *Anemone sylvestris* ; exemplaire à inflorescence rameuse.

A l'aisselle d'une feuille de l'involucre normal, se développe un rameau qui porte lui-même un nouvel involucre surmonté d'une fleur, donnant à l'aisselle d'une feuille un nouveau rameau ayant encore un involucre terminé par une fleur, et ainsi de

suite. L'aspect de la plante se trouve alors tout à fait changé et, au premier abord, on ne reconnaîtrait pas une Anémone. C'est un exemple de ce genre qui représente la figure 47, d'après un échantillon que j'ai récolté en Lorraine.

Les variations de la couleur des fleurs n'entraînent quelquefois aucune autre modification chez les Anémones ; c'est ainsi que les *A. cyanea Risso*, et *A. alba Goaty non Juss.*, ne sont pas même des formes différentes de l'*A. coronaria;* mais, dans d'autres cas, cette différence dans la couleur des fleurs est accompagnée d'autres modifications. C'est ainsi que l'*A. sulfurea L.* peut présenter de grandes différences, au premier abord, avec l'*A. alpina*, surtout en Auvergne, bien que dans les Alpes [et en Auvergne même (H.)], on observe toutes les transitions entre ces deux formes.

On peut encore citer les sous-espèces de l'*A. Pulsatilla* ou la remarquable forme à grandes fleurs roses tardives, qu'on trouve dans le Nord et le Nord-Ouest de la France et qui a été signalée par M. E. Niel (1).

(1) Bull. Soc. bot. de France (8 juin 1883). — Voyez l'article de M. L. Morot à ce sujet (*Journal de botanique*, 1888, p. 407).

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LA DESCRIPTION ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES LICHENS

PUBLIÉS EN 1888

Les ouvrages traitant des Lichens européens sont rares en l'année 1888. Nous n'avons guère à signaler que la première partie de l'énumération des Lichens récoltés par M. l'abbé Fuzet dans le Cantal et les départements voisins (1), et un travail de M. Isaac Newton sur les Lichens de Portugal (2). Ces derniers au nombre de 245 ont été déterminés par M. Nylander, qui a fait également la préface de l'ouvrage. On y remarque 10 espèces nouvelles ; elles avaient déjà été décrites dans le Flora de Ratisbonne, à l'exception du *Lecanora plumbella* Nyl. En revanche, les Exsiccata pour cette partie du monde sont assez nombreux. En France, M. Flagey a publié son 9e fascicule (3), et M. l'abbé Harmand, professeur à la Malgrange près Nancy, en a rapidement donné 5 (4). En Allemagne, M. le docteur Arnold, de Munich, continuant sa belle publication, a fait paraître les nos 1263-1449. Les nos 1263-1356 et 1412-1431 sont des photographies (5) reproduisant des *Cladonia* de l'herbier de Floerke, conservé à Rostock, de celui de Walroth, qui est à Strasbourg et deux espèces de celui de Nœgeli, à Munich. Les autres numéros sont de vrais Exsiccata. Dans la même contrée, on a vu apparaître les nos 338-360 des Cladoniæ exsiccatæ de M. Rehm, de Ratisbonne.

Les Lichens exotiques ont été l'objet de nombreuses investigations. Si nous commençons par le pôle nord, nous trouvons d'abord les très intéressantes récoltes faites par M. le Dr D. Almquist pendant la mémorable expédition de la *Véga*, conduite en 1878-79 par M. Nordenskiœld à travers l'Océan Glacial. Ces Lichens étudiés par M. le Dr Nylander (6) ont fourni environ 400 espèces, parmi lesquelles on en compte 83 nouvelles; 69 appartiennent aux quatre localités visitées dans l'Asie boréale : Lawrencebay, Konyambay, l'île Lawrence et l'île Behring. Les 14 dernières ont été recueillies à Port

(1) L'abbé Hue : *Quelques Lichens intéressants pour la flore française et Lichens du Cantal* (Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXXIV).

(2) Isaac Newton : *Lichens. Contributions à la flore cryptogamique du nord du Portugal.*

(3) Flagey : *Lichens de Franche-Comté et de quelques localités environnantes.*

(4) L'abbé Harmand : *Lichenes in Lotharingia.*

(5) F. Arnold : *Icones, 1263-1356 a L. Obernetter in München, adjuvante Sole (Lichtdruck, Héliotypie) præparatæ.*

(6) W. Nylander : *Enumeratio Lichenum freti Behringii* (Bull. de la Soc. linn. de Normandie, 4e série, 1er vol., 1888).

Clarence, dans l'Amérique boréale. L'intérêt de cette exploration n'est pas seulement dans le grand nombre de nouveautés fournies, presque un quart du total, mais il se trouve encore en ce qu'elle a montré qu'une certaine quantité de Lichens, surtout dans les genres *Lecanora* et *Lecidea*, que l'on regardait comme européens, végètent aussi sur les continents asiatique et américain.

La plupart de ces espèces boréales sont saxicoles ou terrestres ; les espèces corticoles sont rares, les arbres manquant presque complètement dans ces régions. Pour ce qui regarde le continent américain, M. Nylander a donné à la fin de son travail une liste de 23 Lichens, dont 3 nouveaux, qui ont été recueillis en 1880, par le Dr Béan sur le territoire d'Alaska, près de la mer de Behring. La côte orientale de l'Amérique du Nord a été aussi visitée. M. Branth (1) énumère environ 280 espèces de Lichens du Groënland, dont une seule est nouvelle, *Lecidea atroferrata*, et M. le Dr Arnold (2) donne dans la Flora la liste des Lichens recueillis dans l'île Miquelon par le regretté Dr Delamare. Ces Lichens atteignent le chiffre de 135, dont 114 avaient déjà paru en 1887 dans la *Revue mycologique* de Toulouse. Ils prouvent, comme ceux du Groënland, et comme l'ont déjà montré ceux du détroit de Behring, qu'il existe une grande analogie, sous ce rapport, entre ces régions et le nord de l'Europe. Avant d'arriver aux pays plus chauds, il faut signaler la publication par M. Villey, de New-Bedford, du deuxième volume du *Synopsis* des Lichens de l'Amérique du Nord (3). Malheureusement la mort n'a pas laissé à Tuckerman le temps d'achever ce grand ouvrage. Cette seconde partie ne renferme que la tribu des Lécidéacés, genres *Bœomyces*, *Biatora*, *Heterothecium*, *Lecidea* et *Buellia* et une partie des Graphidacés, genres *Agyrium*, *Xylographa*, *Lecanactis*, *Platygrapha*, *Enterographa* et *Graphis*, et encore ce dernier est-il loin d'être complet. M. Willey a ajouté en *Appendix* la description de 11 Lécidés, et celle de 38 Lichens de l'Amérique du Nord et de 110 espèces exotiques. L'ouvrage se termine par la table alphabétique des espèces contenues et dans ce volume et dans le 1er, qui a été édité en 1882.

Au moment de passer en revue les florules relatives aux Lichens tropicaux, il est nécessaire de citer trois travaux de M. Mueller, de Genève. Ce lichénologue a d'abord terminé par la publication des Pyrénocarpés (4) la révision des Lichens de l'herbier de Fée, révision faite sur les spécimens originaux, que M. Glazion lui a obligeamment envoyés de Rio-de-Janeiro. Les deux premières parties de cet important travail ont paru en 1887 (5).

(1) *Grönlands Lichen-Flora* of J. S. Deichman Branth og. Chr. Gronlund. Copenhague, 1888.

(2) Arnold : *Lichenogiste fragmente XXIX. Miquelon* (Flora, 1888).

(3) E. Tuckerman : *A Synopsis of the North American Lichens*. Part II. New Bedford, 1888.

(4) J. Mueller : *Pyrenocarpeæ Feeanæ in Feei Essai et supplément editæ e novo studio speciminum originalium expositæ et in novam dispositionem ordinatæ*. Genève, 1888.

(5) J. Mueller : *Revisio Lichenum Feeanorum* (Revue mycologique, juillet 1887). — *Graphideæ Feeanæ, inclusis tribus affinibus, nec non Graphideæ exoticæ*

M. Mueller ne conserve que 82 des espèces de Pyrénocarpés de Fée, rejetant les autres principalement dans les *Pertusaria* : il les divise en deux tribus, la première, *Striguleæ*, n'ayant qu'un genre, *Strigula*, l'autre en possédant 14. Puis continuant dans le Flora (1) la revision des Lichens du Brésil déterminés et décrits par Eschweiler en 1829, il en donne la seconde série, qui concerne presque exclusivement les Graphidés. Enfin dans un autre endroit du Flora (2), il passa en revue quelques-uns des Lichens publiés par MM. Hooker et Taylor dans le *London Journal of Botany*, 1844 et 1847. Les déterminations erronées de ces auteurs sont redressées, après l'examen des types de leur herbier, ou parfois le nom spécifique est conservé et le nom générique seul est changé. Le même travail est fait çà et là pour certaines espèces nommées par M. Nylander. M. le Dr Mueller a adopté une classification, qui, en un certain nombre de points, lui est propre, et comme elle diffère beaucoup de celles de M. Nylander et des anciens lichénologues, il se trouve obligé d'opérer, en dehors des erreurs qu'il corrige, des remaniements considérables.

Ces mêmes *Contributions lichénologiques*, formées de 257 numéros, contiennent, outre la correction des erreurs de déterminations, la description de 68 espèces nouvelles, sans compter les variétés ni les formes. Ces espèces appartiennent, à l'exception du *Lecanora siberica*, qui est de la Sibérie, aux régions tropicales et australes de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Océanie. Une de ces espèces nouvelles, *Rhabdopsora polymorpha*, récoltée au Brésil par Puiggari et d'autres collecteurs, est unique dans son genre et forme même une tribu également nouvelle, les *Rhabdopsorés*. Les tribus auxquelles est attribué le plus grand nombre de ces nouveautés sont les Lécanorés et les Lécidés.

Dans l'Amérique tropicale, M. Mueller a nommé des Lichens recueillis dans l'île de Porto-Rico par M. Sintenis et ceux que le baron Egger a récoltés à Saint-Domingue (3). La première de ces collections est formée de 51 numéros avec cinq espèces nouvelles : *Cladonia macrophylla*, *Ramalina Sintenisii*, qui est *R. rigida* f. *dentroides* Nyl. et que jusqu'alors on ne connaissait qu'à l'état stérile, *R. subpellucida*, *Graphina platygrapha* et *Astrothelium versicolor*. La seconde collection n'a que 8 numéros et ne contient que des Lichens connus. Il faut observer que dans aucune de ces deux îles, MM. Sintenis et Egger n'ont récolté ni *Lecanora*, ni *Lecidea*, genres qui sont très souvent les plus nombreux de tous.

Si nous descendons dans le sud de l'Amérique, nous trouvons un remarquable travail (4) du même docteur Mueller sur les Lichens du Paraguay. Ces Lichens récoltés par M. Balansa ont été distribués en 100 numéros et

Acharii, El. Friesii et Zenkeri, e novo studio speciminum originalium expositæ et in novam dispositionem ordinatæ. Genève, 1887.

(1) J. Mueller : *Revisio Lichenum Eschweilerianornm e novo studio speciminum originalium in herbario regio Monacensi asservatorum* (Flora, 1888, p. 507 et p. 521).

(2) J. Mueller : *Lichenologische Beitræge*, XXVII-XXX. Flora, 1888.

(3) J. Mueller : *Lichenes portoricenses ab egregio Sintenis lecti, adjunctis nonnullis a Barone Egger in Santo Domingo lectis* (Flora, 1888, p. 490).

(4) J. Mueller : *Lichenes Paraguayenses a Cl. Balansa lecti* (Revue mycologique, 1888).

répartis dans différents herbiers. Mais des fragments d'autres espèces adhéraient à celles qui ont été primitivement nommées. La séparation de ces espèces a été faite avec soin à Genève, et M. Mueller énumère dans son mémoire 304 Lichens, se décomposant en 248 espèces dont 73 nouvelles, et 56 variétés parmi lesquelles 18 sont aussi nouvelles, et ainsi il présente 91 Lichens qui n'étaient pas encore connus. La tribu la plus largement représentée est celle des Graphidés qui compte 59 espèces. L'auteur fait remarquer que parmi les Lichens déja décrits de cette collection, il s'en trouve un bon nombre communs au Paraguay et à des contrées très éloignées de cette région, à l'Afrique, à l'Australie et à l'Océanie. Ce fait prouve une fois de plus que les Lichens tropicaux et sous-tropicaux, continue M. Mueller, ont une vaste distribution géographique. Pour se convaincre de la vérité de cette assertion, il suffit de parcourir la liste des Graphidés, où l'on trouvera même l'*Arthonia subvelata* Nyl., qui a été vu pour la première fois dans le Bengale. M. Mueller a eu la bonne fortune de rencontrer fructifié l'*Heterina tortuosa* Nyl., dont personne n'avait encore vu les apothécies.

Une collection, formée dans un pays voisin, l'Uruguay, par le professeur Arechavaleta, n'a donné à M. Mueller que 50 espèces (1) dont 10 se présentent pour la première fois. Les autres sont des Lichens que l'on rencontre ordinairement dans les pays tropicaux. Le même auteur, poursuivant sa revision des déterminations de ceux qui l'ont précédé, donne ses observations sur les Lichens recueillis dans la République Argentine par les docteurs Lorentz et Hieronymus et déterminés par Krempelhuber (2) en 1878. Il a déjà fait un travail semblable sur les Lichens de l'Australie (3) de ce même lichénologue. L'opuscule de Krempelhuber se compose de 110 numéros; M. Mueller fait des observations ou des changements de noms génériques ou spécifiques sur 67 de ces numéros, après en avoir examiné les spécimens originaux à l'exception de 2. Il y trouve 5 espèces nouvelles : nº 40, *Parmelia subcongruens*, au lieu de *P. congruens* Ach. et nº 55, *Umbilicaria Krempelhuberi*, à la place de *Gyrophora murina* D. C.; au nº 71, la variété b. *saxicola* de *Urceolaria bispora* devient une espèce distincte, *U. diffracta;* au nº 75, *Pertusaria melaleuca* remplace *P. chiodectonoides* et cette plante devient le type du nº précédent, lequel n'est plus qu'une variété, mais dans ce nº 75 il se trouve une nouvelle espèce, *P. nana;* enfin le nº 92 contient deux espèces dont une nouvelle, *Graphina Lorentzii*. Le nombre des Lichens de Krempelhuber se trouve ainsi porté à 112.

Les Lichens des terres australes de l'Amérique ont été, comme les Champignons, l'objet de sérieuses recherches de la part de M. Hariot, pendant la mission du cap Horn en 1882-83, et de M. Spegazzini pour Staten Island, la Fuégie et les terres Magellaniques. Ce dernier a envoyé en Europe 3 collections de Lichens, l'une à M. le Dr Jatta, la seconde à feu M. Lojka et la

(1) J. Mueller : *Lichenes Montevidenses quos legit et communicavit prof. Arechavaleta* (Revue mycologique, 1888).

(2) J. Mueller : *Observationes in Lichenes argentinenses a doct. Lorentz et Hieronymo lectos et a Dre A. de Krempelhubero elaboratos* (Flora de Marbourg, 1889).

(3) J. Mueller : *Revisio Lichenum Australiensium Krempelhuberi* (Flora de Ratisbonne, 1887).

troisième à M. Mueller. La deuxième, celle de M. Lojka, fut examinée par M. Nylander (1), qui, en y joignant quelques espèces récoltées dans la République argentine par M. Spegazzini, dans la Terre de Feu et les îles Falkland par le professeur Cunningham en 1867-69, arrive à un total de 76 espèces dont 24 sont nouvelles. Il y ajoute la description de 13 espèces, 12 de ces régions australes et une du Chili; parmi les premières, 4 sont nouvelles. La plupart des autres descriptions ont déjà paru dans le travail du R. Crombie (2). Enfin M. Nylander donne un tableau systématique et complet des Lichens de la Fuégie et de la Patagonie, dans lequel entrent 143 espèces. Ce nombre se trouve porté à 165 par 22 espèces que cet auteur ajoute dans les *Observations* qui suivent ses *Lichens de la Nouvelle-Zélande*, dont il sera parlé tout à l'heure. Un quart environ de ces Lichens se retrouve en Europe.

Pendant que M. Nylander éditait ses Lichens de Fuégie et de Patagonie dans les premiers mois de 1888, M. Mueller préparait les Lichens recueillis par M. Hariot. Il fit paraître au mois d'août son travail (3) qui contenait 89 espèces, dont 25 nouvelles. Il est arrivé que plusieurs de ces dernières espèces furent à la fois nommées et décrites par MM. Nylander et Mueller. Comme M. Nylander a la priorité, M. Mueller a dû reviser son ouvrage sur le cap Horn. C'est ce qu'il a fait en examinant deux des collections de M. Spegazzini, celle du D[r] Jatta et la sienne. Cette énumération (4) des Lichens de Spegazzini est complète, M. Mueller ayant repris ceux des Lichens vus par M. Nylander qu'il n'a pas retrouvés dans ses 2 collections. Elle comprend 119 espèces dont 18 sont nouvelles. Plusieurs des espèces de M. Nylander sont changées de genre ou prennent un autre nom spécifique; ainsi, par exemple, le *Lecidea declinis* Nyl. devient *L. declinata* Muell. Arg., probablement parce qu'il existe déjà un *L. declinis* Tuck., mais M. Nylander a déjà donné un *L. declinata* (cfr. Hue, *Addend. ad Lich. europ.*, p. 195). Enfin M. Mueller revendiquant pour lui-même ou pour des auteurs anciens la loi de priorité qui lui fait rejeter 5 de ses espèces du cap Horn, supprime plusieurs des espèces nouvelles de M. Nylander. Ainsi le *Lecanora hypotartarea* Nyl. doit se nommer *L. antarctica* Muell., Argov. (1886). Le *Lecanora prædolosa* Nyl., *L. albellina* Muell., n'est autre que le *L. microphthalma* Hook. f. et Tayl. (1844), lequel, outre les noms de 1888, a encore reçu celui de *L. dentilabra* Tuck. en 1877, etc. Il faut remarquer que *Callopisma fuscellinum* Muell. Argov. n'avait encore été trouvé que dans l'île de Madagascar.

Si de l'Amérique antarctique nous passons en Océanie, nous trouvons d'abord une petite collection de 37 espèces récoltée par M. le D[r] Hildebrand dans les îles Sandwich et nommée par M. Mueller (5). On n'y voit qu'une

(1) W. Nylander : *Lichenes Fuegiæ et Patagoniæ*. Paris, 1888.

(2) Rev. J. M. Crombie : *On the Lichens collected by professor R. O. Cunningham in the Falkland Island, Fuegia, Patagonia*, etc., 1867-69 (the Linnean Society's Journal. Botany, 1876).

(3) J. Mueller : *Mission scientifique du cap Horn : Lichens*. Paris, 1888.

(4) J. Mueller : *Lichenes Spegazziani in Staten Island, Fuegia et in regione Freti Magellanici lecti* (Flora de Marbourg, 1889).

(5) J. Mueller : *Lichenes Sandwicenses a D[re] Hildebrand lecti et a profess. Askenasy communicati* (Nuovo Giornale botanico italiano, vol. XXI, Gennaio, 1889).

espèce nouvelle, *Leptogium mesotropum*, et deux variétés également nouvelles : *Cladonia sylvatica* var. *squarrosula* et *Cladonia degenerans* var. *tenella*. Les tribus les mieux représentées sont les Stictés, 7 espèces et les Cladoniés, 5 espèces. Cette collection n'a du reste ni *Lecanora* ni aucun des genres suivants. Puis nous arrivons à un ouvrage capital pour la Flore cryptogamique de la Nouvelle-Zélande et des pays de cette partie de l'Océanie. M. Nylander (1), dans un volume qui ne renferme pas moins de 371 espèces distribuées en 354 numéros, donne le résultat des herborisations faites en Nouvelle-Zélande depuis plus de trente ans par MM. Colenso, Lindsay, Knight et Helms. La première collection rapportée de ce pays a été étudiée par Babington en 1855 (2). La seconde le fut par M. Nylander (3), et dans le présent ouvrage il reprend les Lichens de ces deux premières collections et y joint ceux qui lui furent envoyés directement par M. Knight dès l'année 1867, et la collection du Dr Helms, que lui communiqua M. Lojka. Ici la proportion des Lichens européens est à peu près la même que pour la Fuégie et la Patagonie, un quart environ, c'est-à-dire que sur 371 espèces de la Nouvelle-Zélande, 97 se retrouvent en Europe. Cette proportion est beaucoup moindre en Nouvelle-Calédonie où elle n'atteint qu'un huitième environ du total. Le caractère de la végétation de ce dernier pays est celui des îles de la Polynésie et de l'Amérique du Sud, tandis que les Lichens de la Nouvelle-Zélande se rapprochent de ceux de l'Australie et des terres antarctiques. En Nouvelle-Calédonie, les Graphidés dominent ; ils sont au nombre de 66 sur 225 Lichens, c'est-à-dire qu'ils forment plus du quart du total, tandis qu'en Nouvelle-Zélande on n'en compte que 31, à peine le douzième du total. Sur ce chiffre de 371 espèces, 138 sont nouvelles, ou du moins n'avaient été publiées que par M. Knihgt, qui n'a pas toujours tenu un compte rigoureux des déterminations de M. Nylander. Le genre qui a le plus de ces espèces nouvelles est le genre *Lecidea ;* il en compte 56 dont 25 pour le seul *Stirps* du *Lecidea luteola*. La tribu la plus largement représentée est celle des *Lecano-Lecideei* qui a 168 espèces, se décomposant en 68 *Lecanora* et 100 *Lecidea*. Après viennent les *Stiteci* avec 35 espèces. Le genre, qui a le plus d'espèces végétant simultanément en Europe et dans le sud de l'Océanie, est le genre *Cladonia;* il y a en Nouvelle-Zélande 15 espèces dont 13 se retrouvent en Europe. Les *Bœomycetei*, *Stereocaulei*, *Cladiei* et *Ramalinei* n'ont pas là d'espèces communes avec l'Europe. Enfin certains genres manquent complètement en Nouvelle-Zélande, comme les *Umbilicaria*, *Solorina* et *Roccella*. Il ne faut pas oublier de faire remarquer que deux genres sont nouveaux : *Amphinomium* et *Leioderma;* ils n'ont chacun qu'une espece. Dans une note de la page 21, M. Nylander décrit une espèce nouvelle de Madagascar : *Heterodea madagascara*.

Pour terminer cette revision des ouvrages sur les Lichens parus depuis

(1) W. Nylander : *Lichenes Novæ Zelandiæ*, cum tab. litograph. Parisiis, 1888 (cet ouvrage a réellement paru en mars 1889).

(2) Rev. Churchill Babington : *The Lichens of New Zealand*. London, 1855, with plates CXXII-CXXX.

(3) W. Nylander : *Lichenes Novæ Zelandiæ quos ibi legit, anno* 1861, *Dr Lauder Lindsay* (The Linnean Society's Journal. Botany, vol. IX).

une année, il ne nous reste plus qu'à signaler l'énumération des Lichens des environs de Constantine (1). M. Flagey, qui habite maintenant près de cette ville, a commencé à récolter et à étudier les Lichens de cette région. Il en publie une première liste de 235 espèces ou variétés, récoltées dans un rayon de 9 kilomètres autour de Constantine et à une altitude qui varie de 400 à 1,300 mètres. Les Lichens corticoles sont moins nombreux et moins variés que les saxicoles, qui sont ou calcicoles ou silicicoles. Sur ce nombre de 235 Lichens, 2 sont indiqués par M. Nylander et n'ont pas été retrouvés par M. Flagey, quelques-uns sont douteux et enfin 16 sont nouveaux, soit comme espèces, soit comme variétés.

Abbé Hue.

(1) C. Flagey : *Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie)*. Revue mycologique, 1888, p. 126).

L'*ABIES NUMIDICA*

DÉTERMINATION DE SES AFFINITÉS AVEC LES *ABIES* MÉDITERRANÉENS

Par L. TRABUT

Le sapin des Babor a été découvert en 1861 par MM. Cosson, Letourneux et de la Perraudière; depuis, M. Cosson, qui a eu souvent l'occasion de signaler cette Conifère dans ses travaux sur la flore d'Algérie, l'a désignée sous le nom d'*Abies Pinsapo* var. *baborensis*. Parlatore, auteur des Conifères dans le Prodrome, ne fait pas même une variété de notre Sapin, il l'assimile complètement à l'*Ab. Pinsapo* Boiss. D'un autre côté, en 1866 M. de Lannoy décrivait le sapin algérien, sous le nom d'*Abies numidica* et c'est avec ce nom adopté par Carrière en 1867 dans son *traité des Conifères*, qu'il se répand dans quelques jardins.

Dès lors, dans une série de travaux d'anatomie, de botanique descriptive ou de paléontologie nous trouvons la mention de l'*Abies numidica;* mais il est rare, d'autre part, qu'un auteur parle de l'*Abies Pinsapo* sans indiquer avec son habitat en Espagne, sa présence en Algérie, et cette confusion reparaît dans des ouvrages dus à des sommités scientifiques où on lit : « On observe « sur la Sierra Nevada l'*Abies Pinsapo* qui reparaît dans l'Atlas « où il est associé à l'*Abies numidica.* » Carrière indique aussi en Algérie deux Sapins. Beissner (*Handbuch der Coniferen-Benennung*, 1887) signale aussi l'*Ab. Pinsapo* en Algérie concurremment avec l'*Ab. numidica.*

Ayant visité à la fin de juillet dernier les forêts des Babor et

étudié avec le plus grand soin de nombreux sujets de l'*Abies* qui fait l'objet de cette Note, je suis arrivé à me convaincre qu'il n'existe qu'un seul Sapin dans le massif des Babor et qu'il est différent de l'*Abies Pinsapo* au même titre que les *Abies cilicica* et *cephalonica;* il se rapproche même beaucoup plus de ces dernières espèces, notamment de l'*Ab. cilicica*, que de l'*Ab. Pinsapo*.

J'ai pu comparer l'espèce algérienne aux types d'Orient et d'Espagne grâce à l'obligeance de MM. Barbey et Autran qui ont bien voulu m'envoyer de magnifiques échantillons des collections Boissier. J'ai reçu de MM. Cornu et Flahault des types des jardins des plantes de Paris et Montpellier.

La pépinière André Leroy d'Angers et la maison Haag et Schmidt d'Erfurt m'ont communiqué aussi des rameaux ou des cônes provenant de leurs cultures.

La détermination rigoureuse du Sapin des Babor par la comparaison avec les espèces affines me paraît présenter un certain intérêt non seulement au point de vue de la botanique systématique, mais aussi de la géographie botanique. En effet je pense démontrer que l'*Abies numidica* se rapprochant plus du type d'*Abies* représenté en Orient par l'*A. cilicica* que de l'*Ab. Pinsapo*, sa présence sur le Babor en compagnie du *Cedrus atlantica* indique une affinité avec l'Orient et notamment avec le Taurus où l'*Ab. cilicica* croît en compagnie du *Cedrus Libani* bien voisin aussi de notre Cèdre.

La présence sur des points éloignés du bassin méditerranéen de formes affines d'un type de Sapin plus méridional que l'*Ab. pectinata* se prête aussi à quelques considérations sur l'origine de ces espèces, dont les peuplements actuels ne seraient que les derniers lambeaux d'un domaine considérable occupé par la forme primitive. L'*Abies pectinata* qui occupe, dans l'Europe moyenne et australe, une zone moins chaude et plus humide que les Sapins méditerranéens, présente aussi des variétés locales ou des espèces affines qui, déjà séparées du centre principal de l'espèce originelle, tendent de plus en plus à se différencier.

M. A. Mahlert (1), dans son intéressant travail sur l'anatomie des feuilles des Conifères, signale des formes d'*Ab. pectinata* dont les glandes résinifères sont dans le parenchyme comme chez l'*Ab. Pinsapo*, puis des variétés à hypoderme très faiblement développé, tandis qu'une autre (mont Athos) a un hypoderme semblable à celui de l'*Ab. cephalonica*, l'*Ab. pectinata* var. *Equitrojani* a aussi une forte couche hypodermique. Enfin l'*Ab. Nordmanniana* paraît une de ces formes dérivées de l'*Ab. pectinata* par le cantonnement.

Si les formes locales de l'*Ab. pectinata* n'ont pas toutes reçu de noms, c'est qu'elles sont encore en réalité peu différenciées, et que les caractères anatomiques qui permettraient déjà de les reconnaître plus facilement ne sont utilisés que depuis peu de temps. Aussi, il n'est pas douteux qu'une comparaison histologique des formes provenant de toutes les stations disjointes de l'aire de cette espèce ne présente beaucoup d'intérêt. Une semblable étude ne manquerait pas d'éclairer la question de l'origine des espèces par cantonnement d'individus dans des stations où ils forment races, puis espèces en s'isolant de plus en plus par l'extinction graduelle de l'espèce originelle primitivement très répandue.

Les Sapins méditerranéens (*A. Pinsapo*, *A. cilicica*, *A. numidica*, *A. cephalonica*), incontestablement très alliés, paraissent provenir d'une espèce originelle (2) plus ancienne que l'*Ab. pectinata*, chassée vers les bords de la Méditerranée et réfugiée ensuite sur des sommets éloignés où des races ou espèces locales ne se sont créées et maintenues qu'en modifiant légèrement leur organisation primitive.

Dans l'état actuel nous pensons qu'il vaut mieux s'efforcer de tracer les caractères propres à chacune de ces formes, de les interpréter même si cela devient possible, que de les considérer comme négligeables et de réunir sous un même nom des êtres qui ne sont certainement pas identiques, ni dans leurs stations naturelles, ni dans les cultures.

Les Sapins méditerranéens actuels pourraient d'après l'orga-

(1) Bot. Centralblt. 1885.
(2) *Ab. intermedia Saporta?* Tertiaire du Cantal.

nisation de leurs feuilles se classer dans deux sections créées par M. Bertrand (1).

a. Glandes résinifères dans le parenchyme : *Ab. Pinsapo.*

b. Glandes sur l'hypoderme inférieur : *Ab. cephalonica, Ab. cilicica, Ab. numidica.*

Mais je ne pense pas que la position des glandes dans le parenchyme même constitue un caractère fondamental et permettant, comme le fait M. Bertrand, de répartir tous les *Abies* en deux sections naturelles, suivant qu'ils ont les glandes dans le parenchyme ou sur l'hypoderme inférieur. Dans l'*Abies pectinata* même on trouve des formes locales à feuilles épaisses et à glandes dans le parenchyme (2) : ce caractère est donc de second ordre et ne permet pas de conclure à la présence de deux types de Sapins, dans la région dont nous nous occupons.

L'abondance de l'hypoderme dans les feuilles des formes méridionales de l'*Ab. pectinata* (*A. Equitrojani,* et var. du mont Athos) indique déjà l'influence du climat méditerranéen sur une espèce dont la zone confine avec celle des types franchement méridionaux (*A. cephalonica*, etc.). Et il serait intéressant d'examiner la structure de la feuille de l'*Ab. pectinata* (Parlat.) des Nebrodes; Parlatore, qui a réuni les Sapins méditerranéens à l'*A. pectinata* (Prodrom., v. 16), déclare du reste n'avoir pas vu le Sapin des Nebrodes en fruit; d'après M. Stobl cette espèce tend à disparaître de la Sicile et n'y fructifie même plus. Il se pourrait très bien, étant donné l'analogie de la Flore du Djurjura et des Babor avec celle des Nébrodes, que l'*Abies* de Sicile soit un *Ab. numidica* ou une forme du même type.

Bien que la description de l'*Ab. numidica* donnée par Carrière (3) soit bonne, il convient de la compléter par quelques caractères secondaires et par une comparaison avec les espèces voisines.

Abies Numidica de Lannoy.

Carr. Rev. hort. 1866, p. 299.

(1) *Anatomie des feuilles des conifères.* Ann. sc. nat. (5e série, t. XX, 1874).
(2) Mahlert : *loc. cit.*
(3) *Traité général des Conifères,* 2e édit.

Ab. Pinsapo var. *baborensis* Cosson. Bull. Soc. bot. France, 1861. Ann. Soc. d'Acclim. 1863. Compendium. Fl. Atl. 1881.

Ab. baborensis Letourneux, Cat. des arbres et arbustes d'Algérie, 1888.

Arbre élevé à cime pyramidale très rameuse ; branches verticillées étalées horizontalement, les dernières dressées ; feuilles longues ($16\text{-}22^{mm} \smile 2^{mm},5$) obtuses, raides, à bords épais, plus ou moins tordues à la base (45°-90°), face supérieure plane sillonnée à la base, d'un vert foncé, face inférieure munie d'une côte saillante, marquée de chaque côté de deux lignes glauques de dix files de stomates.

Sur les branches supérieures, les feuilles très nombreuses, insérées tout autour des rameaux, sont relevées en dessus par torsion de leur base, laissant souvent à découvert la face inférieure du rameau. Sur les branches inférieures les feuilles moins rigides sont souvent fort inégales, étalées sur deux rangs comme dans l'*Ab. pectinata*. Cônes dressés par groupe de 4-5 sur les branches supérieures, oblongs, cylindriques obtus ($16\text{-}20^{cm}$) ; écailles très larges au sommet, unciformes, les angles latéraux étant recourbés en crochets obtus et la base brusquement contractée en un pétiole plus ou moins long, bractée pouvant atteindre le milieu de l'écaille mûre, scarieuse linéaire arrondie à l'extrémité, munie d'un mucron sétiforme ; graine obovée cunéiforme (12^{mm}) à aile (18^{mm}) à angle interne arrondi, l'externe prolongé en faux et ronciné, embryon à 6-7 cotylédons.

Fruct. octobre. —

Hab Le massif des Babor (1800 à 2000^{m}) où il forme un peuplement forestier avec *Cedrus atlantica*, *Taxus baccata*, *Acer obtusatum*, *Populus Tremula*, *Ilex aquifolium*, *Quercus Mirbeckii*, *Q.* (*Castanæfolia*) *Afares*.

L'*Ab. numidica* diffère de l'*Ab. Pinsapo* Boiss. par ses feuilles plus longues, planes, obtuses, à stomates rares sur la face supérieure qui est alors d'un vert foncé, la région basilaire susceptible de torsion (45° à 90°) : chez l'*Ab. Pinsapo* les feuilles coriaces plus courtes, aiguës, glauques sur les deux faces (stomates), ne se tordent pas à la base ; mais deviennent falquées

sur les parties latérales des rameaux tandis qu'elles sont droites en dessus et en dessous.

Chez l'*Ab. numidica* le cône est beaucoup plus long (18-20 c.) (10-15 chez *A. Pinsapo*).

L'écaille mûre du cône de l'*Ab. numidica* est très remarquable par ses angles supérieurs recourbés en crochets obtus de chaque côté (Pl. 18, N° 9); ce caractère ne se trouve que chez l'*Ab. cilicica*. L'*Ab. Pinsapo* présente aussi quelques écailles ayant cette apparence ; mais ce sont les petites écailles de la base du cône seulement.

La bractée de l'*Ab. numidica* est linéaire, d'une longueur assez variable, elle atteint fréquemment la demi-longueur de l'écaille mûre; chez l'*Ab. Pinsapo* elle est ovale, cinq ou six fois plus courte que l'écaille à maturité.

A la germination et dans la graine les cotylédons de l'*Ab. numidica* m'ont paru un peu plus courts que ceux de l'*Ab. Pinsapo*.

L'*Ab. numidica* se distingue aussi facilement de l'*Ab. cephalonica* par de bons caractères. Chez l'*Ab. cephalonica* la bractée égale les écailles et les feuilles sont piquantes; mais l'*Ab. numidica* est très voisin de l'*Ab. cilicica* qui n'en diffère que par des feuilles plus longues et plus étroites (30-40^{mm} sur 2^{mm}), moins obtuses et se tordant jusqu'à 180° à la base ; la bractée spatulée, et les graines un peu plus volumineuses.

L'histologie peut rendre de grands services pour la détermination des conifères dont les feuilles se prêtent admirablement à une étude rapide de leur structure, aussi la comparaison histologique de l'*Ab. numidica* avec les autres *Abies* méditerranéens met en évidence une série de caractères qui, complétant ceux que l'on peut tirer de l'examen des organes, facilitent la détermination des affinités de ces espèces, assez proches parentes, pour que des botanistes très autorisés ne les regardent que comme des variétés locales.

La feuille de l'*Ab. numidica* (Pl. 18, N° 10) présente à son centre une nervure formée d'un faisceau divisé en deux branches, autour duquel se trouve une masse assez considérable de tissu

aréolé; une gaine protectrice entoure le tout. Le parenchyme vert est différencié en parenchyme en palissade à la périphérie où il est recouvert d'une couche de fibres hypodermiques, ne s'interrompant qu'au niveau des stomates et devenant double aux angles latéraux. Cependant les feuilles des jeunes rameaux ont une couche hypodermique interrompue par place, à la face supérieure, et ressemblent alors beaucoup aux feuilles des rameaux âgés de l'*Ab. pectinata.*

Ce caractère anatomique coïncide du reste avec l'aspect extérieur des jeunes rameaux dont les feuilles distiques ont la consistance et la coloration de celles de l'*Ab. pectinata.*

Chez l'*Ab. Pinsapo* et l'*Ab. cephalonica* l'on observe une couche hypodermique double (Pl. 18, P^4) ou même triple.

Les glandes résinifères sont dans la feuille du sapin algérien placées sur l'hypoderme inférieur et à une assez grande distance des bords de la feuille, ce caractère se retrouve à peu près identique chez l'*Ab. cilicica;* mais chez l'*Ab. Cephalonica* et le *Pinsapo* les glandes sont franchement latérales, de plus dans le *Pinsapo* elles sont situées au milieu du parenchyme vert.

L'épiderme est composé de courtes cellules à parois épaisses, l'externe criblée de ponctuations.

Les stomates sont disposés en files groupées en deux bandelettes de chaque côté d'une côte saillante à la face inférieure. On compte généralement dix files par bandelette; à la face supérieure le tiers extrême en présente 3 et 4 files de chaque côté du sillon. Chez *Ab. cilicica* qui a des feuilles plus longues et plus étroites une bandelette ne présente que 7 files de stomates et l'épiderme supérieur n'est pourvu que d'un petit groupe de stomates à l'extrémité de la feuille et sur la ligne médiane. L'*Abies cephalonica* présente 7 et 8 files de stomates par bandelette et un petit groupe à l'extrémité supérieure.

Chez l'*Ab.* (*cephalonica*) *reginæ Amaliæ* on trouve 10 files par bandelette et un petit groupe à l'extrémité de la face supérieure.

L'*Ab. Pinsapo* a des stomates également répartis sur les deux faces de la feuille; cette disposition est, je pense, en rapport

avec la position des feuilles sur les rameaux, où elles ne peuvent pas s'incurver en se tordant à la base, comme celles des autres *Abies*, qui présentent toujours leur face supérieure à la lumière. La disposition de ces feuilles sur les rameaux adultes, leur épaisseur considérable due à un grand développement du parenchyme rameux, la position des glandes résinifères, les couches multiples d'hypoderme, l'égale répartition des stomates sur les deux faces, constituent pour cette espèce une série de caractères anatomiques qui révèle une adaptation à des conditions différentes de celles qui ont agi sur les autres formes du même groupe.

Cependant les organes de reproduction sont bien peu différents et l'affinité des sapins méditerranéens paraît encore manifeste et ce serait à tort que l'on placerait en se basant sur l'anatomie seule l'*Abies Pinsapo* loin des *Ab. cephalonica*, *cilicica*, *numidica*. Dans le cas particulier les caractères anatomiques ne sont point dominateurs, et le sectionnement (1) des *Abies* d'après la position des glandes résinifères éloigne des formes certainement très affines.

En tenant compte des caractères extérieurs aussi bien que de ceux tirés de la structure on peut établir le groupement suivant des sapins méditerranéens.

a. Feuilles non piquantes se tordant à la base, couche continue d'un hypoderme simple, glandes sur l'hypoderme inférieur ; bractées atteignant le plus souvent le milieu des écailles :

* Feuilles arrondies au sommet, larges, 10 files de stomates par bandelette, bractée linéaire : A. NUMIDICA *de Lannoy*.

** Feuilles longues étroites, très tordues à la base, 7 files de stomates par bandelette, bractée spatulée :

A. CILICICA *Ant. et Kots.*

b. Feuilles piquantes pouvant se tordre à la base, hypoderme deux couches, glandes reposant sur l'hypoderme, bractée égalant l'écaille : A. CEPHALONICA *Loud.*
et les formes dérivées : *A. Apollinis*, *A. reginæ Amaliæ*, etc.

(1) Bertrand : *Anatomie de la feuille des conifères* (Ann. sc. nat., 1874).

Feuilles aïguës épaisses ne se tordant pas à la base pour s'infléchir sur les rameaux ; hypoderme double ; stomates également sur les deux faces de la feuille ; glandes résinifères dans le parenchyme vert ; bractée très courte n'égalant que $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ de l'écaille mûre. A. Pinsapo *Boiss.*

CONCLUSIONS

L'*Abies numidica* de Lannoy — *Ab. Pinsapo*, var. *baborensis* Cosson est la seule espèce de sapin connue en Algérie.

Les caractères anatomiques aussi bien que les caractères externes des organes de végétation et de reproduction le rapprochent beaucoup de l'*Ab. cilicica* Ant. et Kots. ; Boiss. Fl. Or. du Taurus dont il diffère principalement par les dimensions des feuilles.

L'*A. cephalonica* Loud. avec ses formes affines. *Ab. reginæ Amaliæ*, *Apollinis*, etc., est aussi voisin de l'*Ab. numidica;* mais la longueur de la bractée et des feuilles aiguës l'en séparent.

L'*Ab. Pinsapo* s'éloigne beaucoup plus par la structure de ses feuilles, mais conserve une grande ressemblance dans les organes reproducteurs.

Les sapins méditerranéens proviennent très probablement d'une même espèce originelle d'abord très répandue puis limitée à des stations de plus en plus éloignées les unes des autres, si bien que l'on peut encore, à la rigueur, les regarder comme des variétés d'une seule espèce.

Au point de vue de la géographie botanique, l'*Ab. numidica* indique plutôt une affinité de la flore kabyle avec l'Orient (mont Taurus) qu'avec l'Espagne.

La division des *Abies* en deux sections basée sur la position des glandes résinifères n'est pas une division naturelle.

Les renseignements tirés de l'anatomie des organes donnent plus de précision aux déterminations, et permettent d'aller plus loin dans la spécification, mais conduiraient souvent à trop éloigner des formes certainement affines par l'ensemble des autres caractères.

Les caractères histologiques ne sont souvent pas plus dominateurs que ceux tirés de la configuration externe des organes, ils doivent entrer sur une même ligne de compte que ces derniers dans l'appréciation des relations de parenté ou d'affinité pour la classification naturelle.

EXPLICATION DES PLANCHES.

N, *Abies numidica;*
C, — *cilicica;*
P, — *Pinsapo;*
Cph, — *cephalonica*

Planche 17.

N[1], *Abies Numidica*, cône mûr et rameaux;
N[2], — rameaux avec insertion des feuilles;
N[5]. — graine avec l'aile;
N[6], — graine;
N[7], — coupe de la graine;
N[8], — embryon.

Planche 18.

N[3], — feuille face supérieure;
N[4], — feuille face inférieure;
N[9], — écaille du cône à maturité;
N[10], — coupe de la feuille.
C[1], *Abies cilicica*, feuille grandeur naturelle;
C[2] et C[3], — extrémité grossie;
C[4], — écaille d'un cône à maturité;
C[5], — coupe de la feuille.
P[1], *Abies Pinsapo*, feuille grandeur naturelle;
P[2], — feuille grossie;
P[3], — feuille grossie des faces latérales des rameaux;
P[4], — coupe de la feuille;
P[5], — écaille du cône à maturité.
Cph[1], *Abies cephalonica*, feuille grandeur naturelle;
Cph[2], — extrémité de la feuille grossie;
Cph[3], — écaille du cône à maturité;
Cph[4], — coupe de la feuille.

RECHERCHES

SUR

LES TUBERCULES

Par M. A. SEIGNETTE

INTRODUCTION.

Les plantes vivaces et bisannuelles accumulent dans certains de leurs organes des réserves nutritives spéciales; ces réserves leur permettent, soit de continuer à vivre d'une saison à l'autre, soit de se multiplier, en détachant de l'être qui les a produits des parties contenant une provision de nourriture; ces fragments isolés peuvent chacun devenir le point de départ d'un individu nouveau.

Le plus souvent, les organes où s'accumulent ces réserves sont relativement renflés, par rapport aux organes similaires qui sont à l'état de vie active. Ce sont ces parties renflées, quelles que soient leur nature et leur origine, qu'on désigne habituellement sous le nom de tubercules. D'ailleurs, que la portion de la plante considérée soit très renflée à l'extérieur ou qu'elle le soit à peine, j'appellerai *tubercules* toutes les parties du végétal où s'accumule à un moment donné une réserve spéciale dont le but déterminé est la perpétuation et la multiplication de la plante.

Dans nos pays, ce sont ordinairement les organes souterrains des végétaux qui produisent les tubercules; mais qu'ils soient souterrains, ou qu'ils soient aériens, ce qui arrive d'ailleurs assez rarement, les tubercules peuvent être constitués par l'un des membres de la plante ou par plusieurs d'entre eux à la fois.

Je me suis proposé, dans ce travail, d'étudier au point de vue de leur morphologie extérieure et de leur structure un certain nombre de tubercules appartenant aux types les plus différents (1). Pour plusieurs d'entre eux, j'ai essayé de décrire l'histoire de leur développement depuis le premier début jusqu'à la destruction totale, en y joignant quelques recherches sur les modifications chimiques.

Aucun travail général n'a été publié jusqu'à présent sur cette question, et l'on trouve des contradictions assez nombreuses sur plusieurs points spéciaux dans les résultats acquis par les différents auteurs; aussi ai-je cru qu'il pouvait être de quelque utilité de grouper dans un ensemble de recherches à la fois morphologiques et physiologiques les résultats des observations et des expériences que j'ai faites sur les tubercules.

On conçoit facilement qu'étant donnée l'extension du mot tubercule adoptée plus haut, une bibliographie comprenant tous les travaux publiés sur les réserves déterminées des plantes serait par trop étendue. C'est pourquoi je me bornerai à donner quelques indications historiques.

Tournefort (2), Linné (3), Hedwig (4), et bien plus récemment Richard (5) ont considéré comme des racines toutes les parties souterraines des plantes. Grew (6), de Candolle (7), Sprengel (8), Bischoff, Dutrochet (9) distinguèrent les premiers les organes souterrains qui doivent être considérés comme des tiges ou comme des bourgeons, de ceux qui sont de vraies racines. C'est à la suite des travaux de ces auteurs que A. de Saint-Hilaire (10) a désigné les tiges souterraines sous le nom de « rhizomes ».

Il faut citer d'une manière toute spéciale les importantes

(1) J'ai étudié particulièrement les tubercules d'une cinquantaine d'espèces faisant partie des familles les plus diverses.
(2) *Hist. rei herb.*, I, 673, 1694.
(3) *Philosophia botanica*, p. 37 et 50, 1753.
(4) Voyez : de Candolle, *Organographie végétale*, I, p. 242.
(5) *Eléments de botanique*, 1866, p. 93.
(6) Fig. 4, pl. V.
(7) *Flore française*, 3e édition, p. 65.
(8) *Studium der Gen.*, 1, 249, 1821.
(9) Mémoires du Muséum, p. 425, 1821.
(10) *Morphologie végétale*, p. 106, 1840.

recherches de T. Irmisch (1), qui a non seulement décrit les tubercules d'un certain nombre de plantes, mais qui a exposé avec un soin minutieux tout leur développement.

Or, ce n'est bien souvent qu'en suivant toutes les phases de l'évolution d'un tubercule (et les travaux d'Irmisch le montrent bien), que l'on peut arriver à déterminer par la morphologie extérieure quels sont les organes auxquels il correspond.

M. Clos a indiqué la nature morphologique d'un certain nombre de tubercules ; il a proposé de les classer, d'après leur origine, en tubercules radicaux, du collet, du collet et de la souche, hypoméritballiens, monoméritballiens, polyméritballiens, adventifs et lenticellaires.

G. de Saint-Pierre (2), en 1870, a proposé une autre manière de classer les parties souterraines des végétaux ; mais cette classification est compliquée, encombrée de termes nouveaux, et renferme d'importantes erreurs. C'est à la même époque que Royer a donné les résultats d'importantes études sur la morphologie extérieure et sur le développement des tubercules (3). Ce botaniste a publié un ouvrage remarquable qui, sous le titre modeste de *Flore de la Côte-d'Or,* renferme un très grand nombre d'observations inédites sur les parties souterraines des plantes (4). Royer a aussi très bien mis en évidence un fait général auquel il a donné le nom de « loi de niveau ». Cette loi peut s'énoncer de la manière suivante : dans des conditions déterminées, les parties souterraines d'une même plante tendent à accumuler leurs réserves à une distance constante de la surface du sol.

Mais, malgré les travaux de morphologie externe tels que ceux d'Irmisch et de Royer, la nature des parties tubérifiées est souvent indéterminable, si l'on n'a pas recours à l'anatomie ; ce n'est pas seulement l'anatomie des organes adultes, mais

(1) *Zur Morphologie der monokotylischen Knollen und Zwiebelgewächse.* Berlin, 1850. — Abhandl. d. natur. Gesels. zu Halle, 1853, t. III. — *Annales des sciences naturelles.* Bot. : 4e série, t. VI, p. 274.

(2) *Bulletin de la Société botanique de France,* 1869, 1870 et 1872.

(3) *Bulletin de la Société botanique de France,* 1870 à 1872.

(4) *Flore de la Côte-d'Or,* 1881.

aussi l'anatomie des tissus en voie de développement, qui est souvent nécessaire pour la détermination morphologique d'un tubercule.

C'est seulement à propos d'autres sujets d'étude que l'on a décrit la structure des organes tubérifiés. Il serait impossible de citer tous les auteurs qui se sont occupés accidentellement de cette question ; on trouve dans le mémoire de M. Costantin (1) l'indication des principales recherches qui y sont relatives. Je citerai d'ailleurs dans le courant de ce travail les indications bibliographiques qui se rapportent à certains points particuliers.

Quant à la physiologie et à la composition chimique des tubercules, je donnerai aussi dans le courant du texte les indications bibliographiques nécessaires.

(1) Costantin, *Étude comparée des tiges aériennes et des tiges souterraines des Dicotylédones.* (Annales des sciences naturelles. Bot. 1883.)

DIVERSES SORTES DE TUBERCULES.

Pour plus de clarté dans l'exposition, j'ai réparti les tubercules étudiés en diverses catégories d'après la nature des membres de la plante qui les constituent, suivant que les tissus secondaires y sont plus ou moins développés, ou suivant qu'ils appartiennent à des Monocotylédones ou à des Dicotylédones.

Je vais décrire successivement les tubercules qui sont formés par :

I. — LA TIGE ;

II. — LA RACINE ;

III. — LA TIGE ET LA RACINE ;

IV. — LES FEUILLES ;

V. — LA TIGE, LES FEUILLES ET LA RACINE ;

VI. — LA FLEUR.

I. TIGE.

1. Tubercules formés par la tige avec peu ou pas de formations secondaires.

1° — *Dicotylédones.*

Un certain nombre de Dicotylédones ont leur tubercule souterrain formé par des renflements de la tige sans que l'épaississement de la partie tubérifiée tienne à l'extension des tissus secondaires ; c'est au grand développement du parenchyme primaire de l'écorce ou du cylindre central qu'est dû presque uniquement le renflement de la tige.

J'étudierai en détail la morphologie, le développement et la structure du *Stachys tuberifera*, et je passerai ensuite en revue

divers types de tubercules appartenant à des familles très différentes.

1. *Stachys tuberifera*. — 1° *Morphologie externe*. — Les tubercules de *Stachys tuberifera*, connus dans le commerce français sous le nom de Crosnes du Japon (1), sont formés par les entre-nœuds courts et larges des tiges souterraines.

La dimension de ces tubercules est assez variable : les plus longs que j'ai pu observer atteignaient 8 centimètres de longueur, les plus larges avaient 2 centimètres de diamètre; en général, ils sont beaucoup plus petits.

Fig. 48. — Tubercule de *Stachys tuberifera*, à l'automne; le tubercule est formé par le renflement terminal d'une tige souterraine.

Ces tubercules sont blancs; à chacun des nœuds qui séparent les entre-nœuds renflés, on voit deux écailles opposées : ces écailles triangulaires, charnues, ont de 3 à 6 millimètres de longueur, et présentent de loin en loin à leur aisselle des bourgeons élargis et renflés.

La direction des tubercules dans le sol n'est pas toujours la même : la plupart sont dirigés vers le bas avec une légère inclinaison vers l'extérieur (fig. 48), le bourgeon terminal étant tourné en bas.

Au printemps, ce bourgeon terminal se développe et s'allonge en donnant naissance à une tige n'ayant que 1 ou 2 millimètres de diamètre. Cette tige prend la direction verticale et se développe franchement de bas en haut, en formant des entre-nœuds allongés; en même temps que se produit cet allongement, on voit se former de petites saillies au-dessus et au-dessous des écailles (*r*, fig. 49) qui se trouvent à chaque nœud de cette tige grêle. Ces saillies, qui vont donner naissance à des racines adventives, sont disposées symétriquement deux par deux au-dessus et au-dessous de chaque écaille des nœuds. Il naît donc ainsi de chaque nœud huit racines adventives (*r*, fig. 50) qui atteignent

(1) J'ai à remercier vivement M. de Barrau de Muratel, qui m'a envoyé plusieurs fois de très nombreux échantillons de cette plante à divers états de développement.

plusieurs centimètres ; les plus développées sont les plus inférieures, c'est-à-dire celles qui naissent le plus près du tubercule.

Le plus grand nombre des bourgeons latéraux du tubercule

Fig. 49. — Fragment d'une jeune tige souterraine de *Stachys tuberifera*: *f*, écaille; *r*, point de départ de l'une des quatre racines ; *t*, tige.

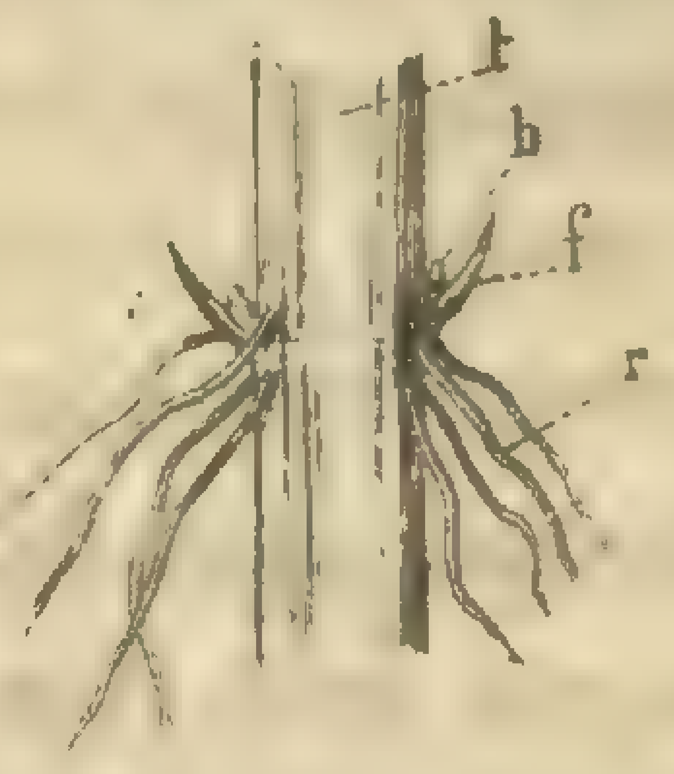


Fig. 50. — Fragment d'une tige souterraine plus âgée que dans la figure 49 : *f*, écaille ; *r*, racines ; *b*, bourgeon ; *t*, tige.

avorte : il est rare qu'il s'en développe plus de trois ; les tiges grêles qui naissent de ces bourgeons se comportent comme celle qui naît du bourgeon terminal (fig. 51).

Les tiges verticales ascendantes ainsi formées conservent un

Fig. 51. — Tubercule de *Stachys tuberifera*, développant ses bourgeons au printemps.

Fig. 52. — Développement des branches souterraines sur le rhizome du *Stachys tuberifera* : *f*, écaille ; *r*, racines ; *b*, bourgeons se développant ; *t*, tige souterraine initiale.

certain temps leur dimension grêle ; puis cette tige augmente sensiblement d'épaisseur en approchant de la surface du sol ; les entre-nœuds profonds sont sensiblement plus longs que les entre-nœuds supérieurs ; ceux qui sont presque à la surface du sol sont très courts ; les entre-nœuds sont, au contraire, de nou-

veau allongés dans la tige aérienne, tout en devenant cinq ou six fois plus larges.

La rapidité d'ascension de la tige grêle est variable avec la température, et n'est pas la même pour tous les tubercules : à la température de 16° et pour des tubercules situés à 8 centimètres de profondeur, je l'ai trouvée de 2 à 4 millimètres en vingt-quatre heures.

L'accroissement de la tige feuillée est très considérable ; j'ai constaté que, dans de bonnes conditions, il est d'environ 1 centimètre par jour. Ces tiges à feuilles d'un vert sombre et qui sont réunies par touffes épaisses ne produisent pas de fleurs dans nos climats.

Quel que soit le nombre des tiges feuillées fournies par un tubercule, ce tubercule se détruit toujours de la même manière : il se renfle, devient mou, se ride et noircit ; puis il disparaît enfin, en cédant toutes ses réserves. Bien avant que la tige aérienne ait atteint tout son développement, il n'en reste plus rien : la plante est donc dans cette période de son existence entièrement dépourvue de réserves ; mais à cette époque les huit racines adventives qui partent de chaque nœud et dont nous avons parlé plus haut sont développées, quoique restant toujours minces.

Peu de temps après la disparition complète du tubercule, les bourgeons qui se trouvent à l'aisselle des écailles de la tige souterraine commencent à s'allonger : leur direction est d'abord horizontale, leurs entre-nœuds très courts et renflés ont l'aspect d'une série de petites perles blanches au nombre de quatre à six (*b*, fig. 52) ; ces entre-nœuds ne tardent pas à s'allonger, en se recourbant vers le bas. Les nouveaux entre-nœuds qui se développent à l'extrémité de ce rameau souterrain restent un peu renflés et s'enfoncent de plus en plus verticalement, poussés en quelque sorte par l'allongement des entre-nœuds de la base du rameau ; on voit donc que le rameau souterrain augmente peu à peu de volume. La marche descendante de ce rhizome tuberculeux est très rapide : j'ai constaté qu'elle était en moyenne de 18 millimètres en cinq jours, du 25 mai au 1er juin.

Une plante, enlevée du sol à ce moment, présente un aspect

assez curieux (fig. 53). On voit partir de la tige ascendante initiale une vingtaine de filaments grêles, qui, horizontaux à leur point de départ, se recourbent régulièrement de haut en bas *tg*, tout autour de cette tige *ta* (comme les branches d'un arbre qui retombent vers le sol); à l'extrémité de chacun de ces filaments se trouve un tubercule *t*, dont le volume, toujours petit, augmente assez régulièrement avec la profondeur.

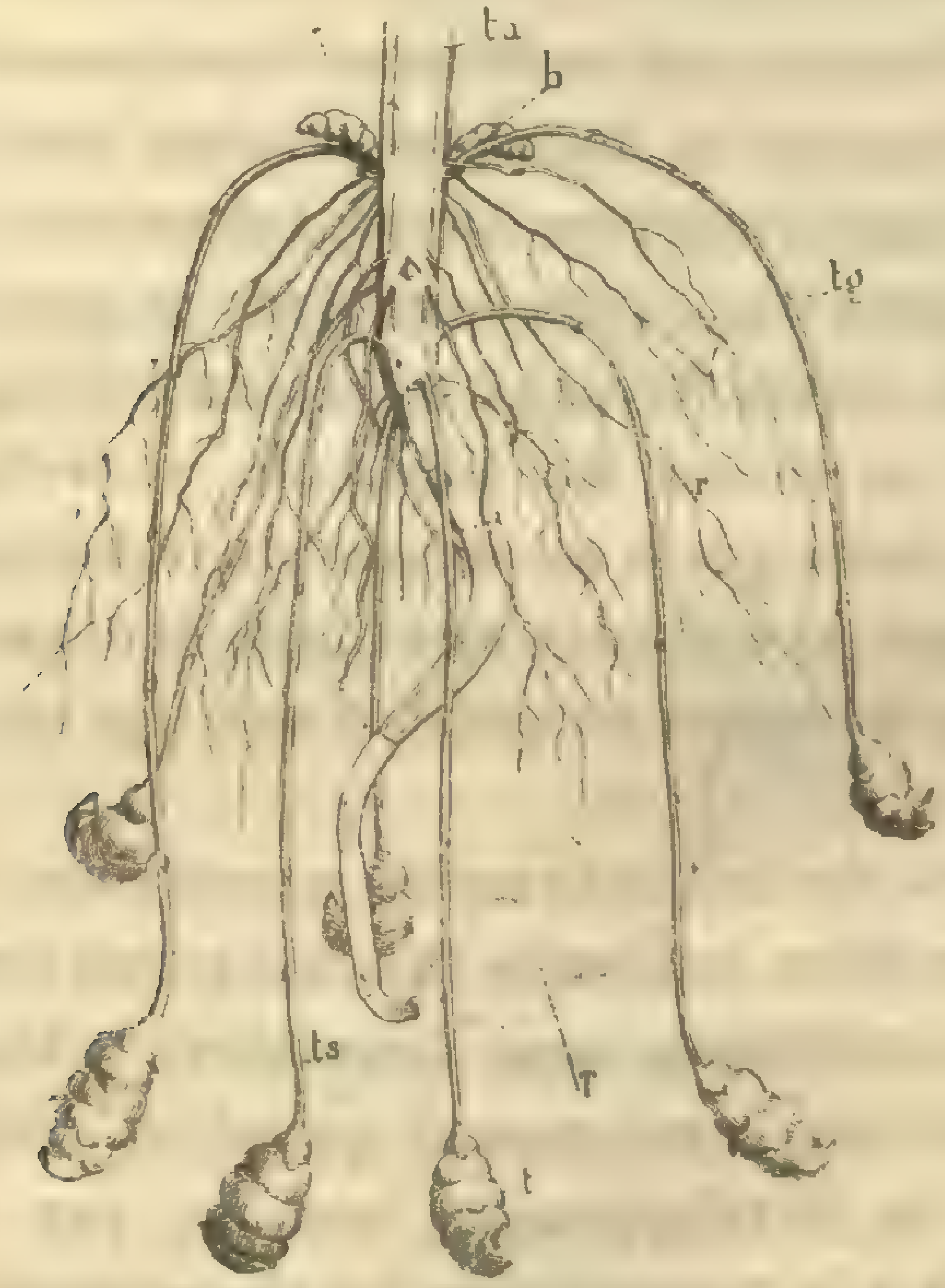


Fig. 53. — Partie souterraine d'un pied de *Stachys tuberifera*, à la fin du printemps : *ta*, tige aérienne ; T, place qu'occupait le tubercule initial de l'année précédente ; *ts*, *tg*, branches souterraines grêles s'enfonçant de haut en bas et terminées par de jeunes tubercules *t* ; *b*, bourgeons souterrains.

La rapidité de la marche descendante des rhizomes tuberculeux diminue bientôt : vers la fin de juin j'ai obtenu, comme moyenne de douze observations, un déplacement de haut en bas de 3 millimètres ; à la fin de juillet je n'ai plus constaté de déplacement : tous les tubercules m'ont paru être arrivés au point le plus bas de leur course ; ils sont alors presque tous inclinés (fig. 53), la plupart à 45° environ ; les entre-nœuds se renflent de plus en plus, sans que les tubercules paraissent s'allonger ; leur volume et leur poids augmentent ainsi peu à peu jusqu'au mois d'octo-

bre, époque où l'augmentation avait complètement cessé dans les individus que j'ai observés.

La destruction du tubercule initial (T, fig. 53) et la formation des nouveaux tubercules ne se font pas toujours dans les conditions que nous venons de décrire : j'ai observé que, dans certains tubercules, les bourgeons latéraux se développaient en formant de nouveaux tubercules, au lieu de donner naissance à une tige grêle ascendante, comme cela a lieu d'ordinaire ; dans ces nouveaux petits tubercules qui se forment directement sur le tubercule initial, viennent se localiser pendant quelques jours les réserves qui étaient contenues dans le tubercule initial ; ce dernier se flétrit alors très rapidement dans la partie postérieure, tandis qu'il est encore ferme et bien renflé dans la partie antérieure située au-dessus du tubercule nouvellement formé; ce dernier ne tarde pas à se séparer du tubercule sur lequel il s'est developpé, et complètement isolé, il donne bientôt naissance, par son bourgeon terminal, à une tige grêle ascendante normale.

La formation de ces tubercules secondaires provenant directement d'un autre tubercule (fig. 54) paraît assez rare quand les conditions extérieures sont favorables; cette formation se produit au contraire constamment quand on rend défavorables les conditions de développement, comme, par exemple, lorsqu'on fait subir à la température des changements fréquents et considérables, si l'on fait varier le degré d'humidité, en arrosant beaucoup, puis en laissant le sol redevenir très sec, etc.

En exagérant ces mauvaises conditions anormales, le tubercule de *Stachys* présente des phénomènes différents : au lieu de donner naissance à des tiges grêles ou à des tubercules secondaires latéraux, c'est le bourgeon terminal lui-même qui se développe en formant un nouveau tubercule (TN, fig. 55) faisant immédiatement et sans transition suite au premier TA; le nouveau tubercule TN se recourbe, le bourgeon terminal étant tourné vers le haut. Le diamètre est à peu près le même dans le second tubercule que dans le tubercule initial, qui se résorbe peu à peu : puis ce second tubercule se résorbe à son tour pour en former

un troisième à peu près dans les mêmes conditions, de sorte que le tubercule ne fait, en quelque sorte, que se déplacer; il se détruit par la partie postérieure pour se reformer immédiatement à l'état de tubercule à entre-nœuds larges et courts; les écailles sont très charnues ainsi que les bourgeons; quelques-uns de ces derniers se développent aussi quelquefois de la même manière. J'ai observé un même tubercule qui s'est renouvelé jusqu'à trois fois, en remontant verticalement; arrivé alors à la

Fig. 54. — Tubercules de *Stachys tuberifera,* se ramifiant et se développant de bas en haut, par suite de conditions anormales.

Fig.55. — Tubercule de *Stachys tuberifera* qui s'est déplacé et reformé par une culture forcée en hiver : TA, place qu'occupait le tubercule normal; TN, tubercule nouveau anormal; *b*, bourgeon terminal.

surface du sol, il a donné naissance à une tige feuillée assez chétive.

L'influence des mauvaises conditions extérieures sur les tubercules en voie de formation produit encore un autre effet très curieux, c'est d'arrêter la descente de ces tubercules et de leur faire donner naissance à des tiges ascendantes qui deviendront aériennes.

Pendant que des tubercules placés en terre dans des conditions normales s'enfoncent régulièrement dans le sol, d'autres tubercules absolument semblables aux premiers, mais placés en pot et mal soignés, s'arrêtent, puis donnent une ou plusieurs tiges

ascendantes, quelques-unes grêles, d'autres renflées en tubercules; ces derniers sont coudés comme ceux dont nous avons parlé plus haut.

En général, j'ai observé que, à mesure que les conditions extérieures étaient meilleures, les tubercules placés dans un même sol s'enfonçaient davantage et devenaient plus gros; presque toujours les tubercules qui s'arrêtent près de la surface du sol restent petits.

2° *Anatomie.* — La coupe longitudinale d'un tubercule de *Stachys tuberifera* (fig. 56) montre que le tubercule est formé par le développement de l'écorce (*ec*, fig. 56) et surtout de la moelle *m*;

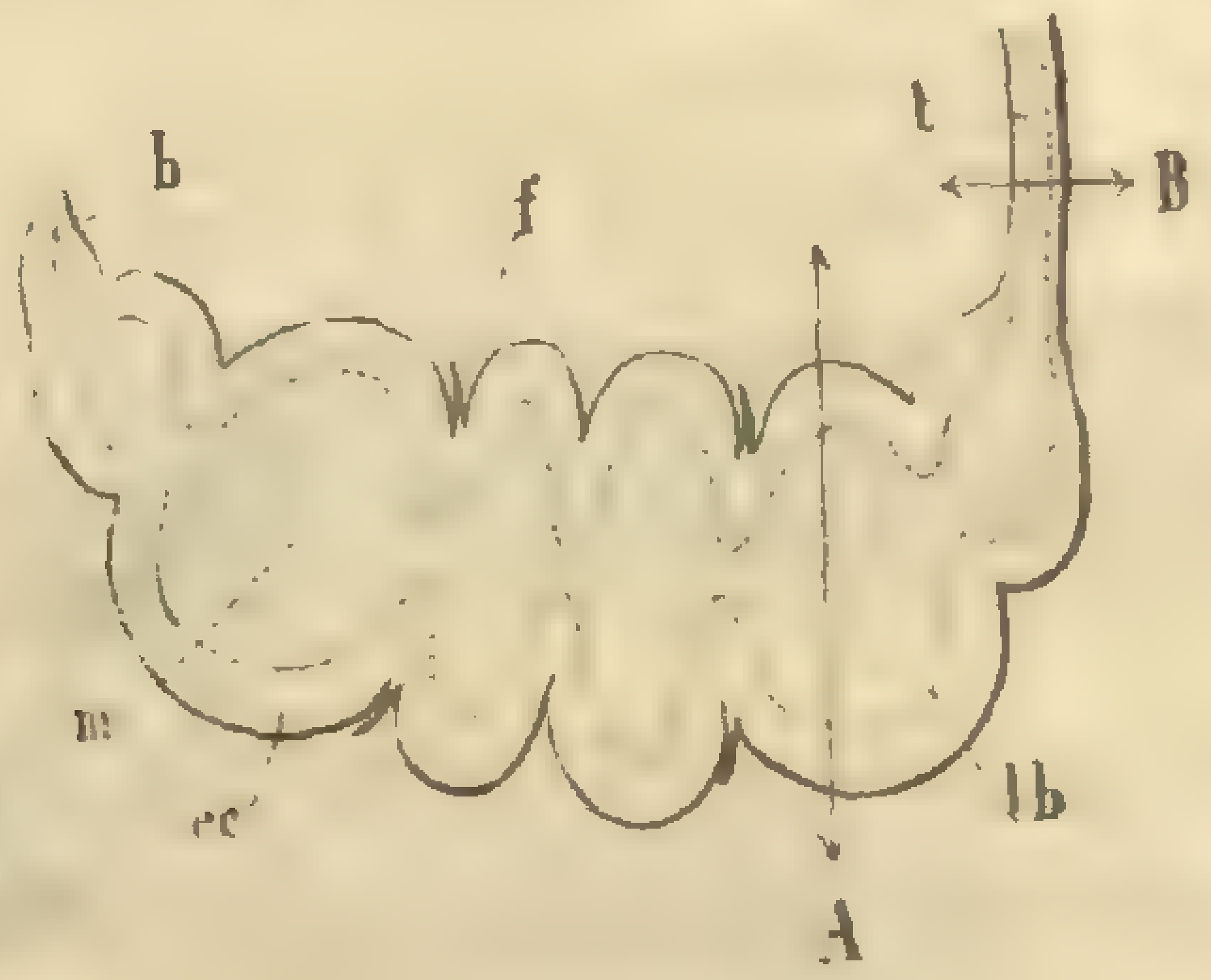


Fig. 56. — Coupe longitudinale d'un tubercule de *Stachys tuberifera* : *t*, tige grêle; *f*, écaille; *b*, bourgeon terminal; *m*, moelle; *lb*, faisceaux libéro-ligneux; *ec*, écorce, B et A, direction des coupes des figures 57 et 58.

cette coupe fait voir la proportion entre les développements de ces différentes parties dans la tige grêle *t* et dans le tubercule; la moelle est très développée aux entre-nœuds et resserrée considérablement aux nœuds.

Si l'on fait en B la coupe transversale de la tige grêle *t*, on voit (fig. 58) qu'à chacun des angles de cette tige quadrangulaire il existe une couche *c* de collenchyme qui protège un faisceau libéro-ligneux *lb*; une écorce assez mince *ec*, ayant une épaisseur de 8 à 10 cellules, terminée à l'extérieur par un épiderme et à l'intérieur par un endoderme bien défini, entoure le cylindre central.

Dans les tissus compris entre les faisceaux libéro-ligneux *lb*, on observe un certain nombre de vaisseaux du bois *v* isolés;

l'ensemble de ces vaisseaux et des faisceaux libéro-ligneux entoure la moelle *m*.

Dans la coupe A d'un entre-nœud renflé du tubercule (fig. 57), on voit en *o* que le collenchyme a disparu ; l'écorce *ec* a augmenté : son épaisseur est de plus de 30 cellules ; les faisceaux libéro-ligneux *lb* qui se sont étendus tangentiellement ont relativement moins de vaisseaux ligneux que ceux de la coupe B, et ces vaisseaux ont un diamètre sensiblement plus petit ; on voit

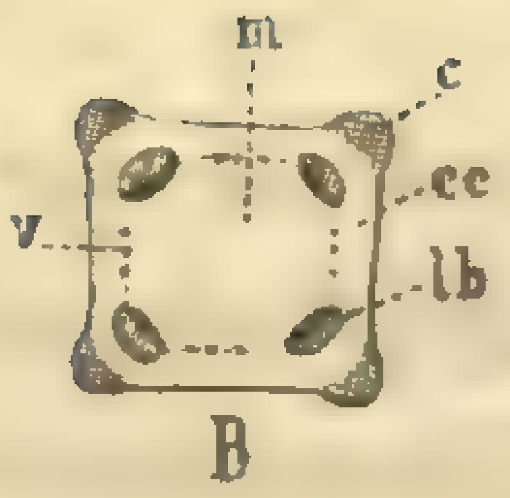


Fig. 58. — Coupe de la partie grêle d'une tige souterraine du *Stachys tuberifera* (en B, fig. 56) ; *m*, moelle ; *lb*, un des principaux libéro-ligneux ; *v*, vaisseaux isolés ; *cc*, écorce ; *c*, collenchyme.

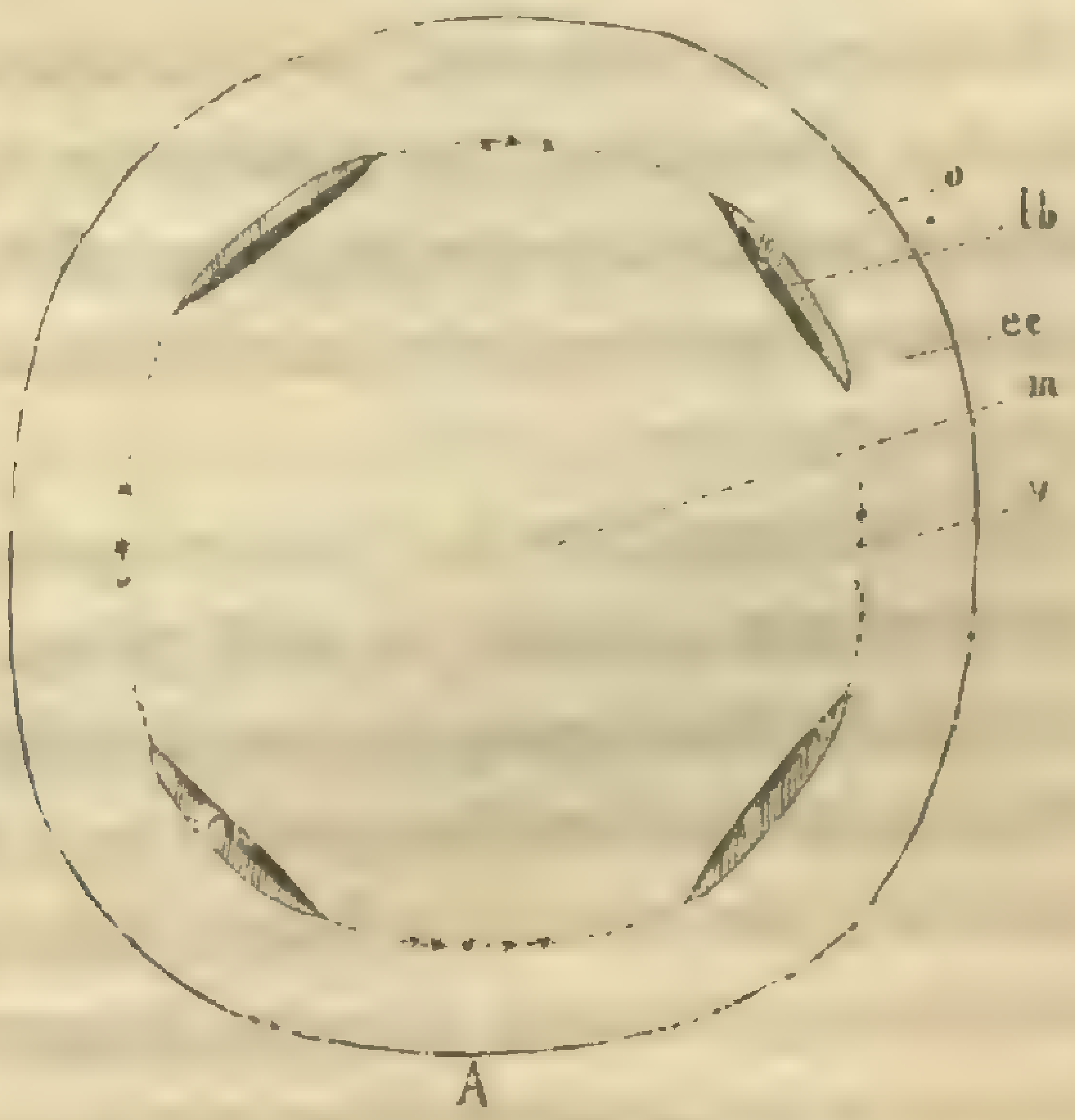


Fig. 57. — Coupe transversale de la partie renflée du tubercule de *Stachys tuberifera* (en A, fig. 56) : *m*, moelle ; *lb*, un des quatre faisceaux libéro-ligneux principaux ; *v*, vaisseaux isolés ; *ec*, écorce ; *o*, région de l'écorce où manque le collenchyme correspondant à *c* (fig. 58).

aussi quelques vaisseaux du bois isolés *v*. La moelle augmente dans la proportion de 1 à 20.

Si l'on fait des coupes transversales d'un bout à l'autre d'un tubercule, on trouve, à mesure qu'on se rapproche des extrémités, une série de transitions entre la disposition des éléments observée dans la coupe B et celle observée dans la coupe A.

En résumé, le tubercule est donc formé par un développement considérable de la moelle qu'accompagne une augmentation relativement moins grande de l'écorce.

La composition chimique des tubercules de *Stachys tuberifera*

a été publiée par M. A. de Planta dans la *Revue générale de Botanique* (1).

Ce savant chimiste a dosé dans ces tubercules la galactane, hydrate de carbone formant un intermédiaire entre l'amidon et le sucre, découvert en 1888 dans les graines de Lupin; M. de Planta a trouvé la proportion extraordinaire de 75 pour 100 de galactane.

2. *Stachys palustris*. — Le *Stachys palustris* offre avec le *Stachys tuberifera* de nombreux termes de comparaison : le *Stachys palustris* se propage, en effet, au moyen de rhizomes qui, sous bien des rapports, ressemblent à ceux de l'espèce que je viens d'étudier.

Si l'on considère le *Stachys palustris* au point de vue de la morphologie externe, on voit qu'un rhizome initial donne naissance à des bourgeons qui se développent régulièrement à l'aisselle des petites écailles situées aux nœuds; ces ramifications du rhizome, très minces à leur origine, augmentent de diamètre, au point de devenir presque tuberculeuses, tout en restant allongées : c'est la disposition que nous avons décrite dans les tiges ascendantes du Crosnes du Japon. L'accroissement de ces ramifications du rhizome initial se fait horizontalement, et par conséquent dans le sol ; l'allongement se continue jusqu'en automne; en hiver, on n'aperçoit pas d'accroissement sensible.

Au printemps, ces ramifications s'accroissent de nouveau ; leur extrémité prend une direction franchement ascendante et donne naissance à une tige feuillée. Pendant tout l'hiver, on ne voit pas de racines adventives sur le rhizome ; les réserves accumulées dans les entre-nœuds, et qui les gonflent d'une manière très apparente, suffisent au développement de la plante pendant cette saison. Mais au printemps on voit, à chaque nœud, se former huit racines adventives disposées symétriquement quatre par quatre sur chaque face du rhizome dont la section est un

(1) A. de Planta : *Note sur la composition des tubercules de Crosnes du Japon.* (Revue générale de botanique, t. I, p. 85, 1889.)

carré : c'est absolument la même disposition que celle observée dans le *Stachys tuberifera*.

Ces ramifications se séparent, au printemps, du rhizome origine et, devenant indépendantes, servent à la multiplication de la plante.

On voit donc qu'il y a, au point de vue de la morphologie externe, à faire un grand rapprochement entre la disposition des réserves du *Stachys palustris* et celle du *Stachys tuberifera*; les seules différences que l'on observe consistent en ce que dans le *Stachys palustris* la direction des rhizomes est horizontale et que les entre-nœuds, quoique gorgés de réserves, y sont toujours allongés, tandis que dans le *Stachys tuberifera* les rhizomes à réserves sont normalement verticaux, et que les entre-nœuds du tubercule y sont très renflés et très courts.

La morphologie interne montre aussi une disposition tout à fait analogue à celle du *Stachys tuberifera*, à cela près que, dans la partie étroite, le collenchyme n'est presque pas développé en face des faisceaux principaux ; il y a aussi une certaine différence à constater entre la moelle de la partie tubérifiée et celle de la partie mince ; les méats sont sensiblement plus nombreux dans la première que dans la seconde ; tous les autres tissus du tubercule sont comparables.

On voit donc que, dans nos *Stachys* indigènes, on peut retrouver le même mode de tubérisation externe et interne que dans le Crosnes du Japon.

(*A suivre.*)

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ANNUELLES

Par M. Henri JUMELLE

(Fin.)

IV. — Influence comparée de la turgescence et de l'assimilation sur la morphologie de la plante.

L'obscurité augmente, en général, la tension de turgescence; d'autre part, elle entrave l'assimilation.

Ces deux causes secondaires, turgescence et assimilation, produisent dans la plante des modifications morphologiques et anatomiques. Il nous reste à rechercher quelle part revient à chacune de ces deux causes dans ces modifications. Nous avons cité les opinions diverses déjà émises sur cette question.

Il est certain que ces recherches seront facilitées si nous pouvons observer des plantes soumises à des conditions telles que l'une des causes, la turgescence par exemple, persistera, tandis que l'autre, défaut d'assimilation, sera supprimée.

Or, les plantes que nous avons cultivées dans les solutions sont précisément dans ce cas. Nous avons vu, en effet, qu'il y a concordance entre la présence de sels dans la plante et l'augmentation de la proportion d'eau.

1° *Influence de la turgescence et de l'assimilation sur la tige.* — Sous cette influence de l'abondance d'eau dans la plante, nous avons obtenu, dans la tige, un fort développement du parenchyme et une faible lignification. Ce sont les mêmes résultats que pour les plantes poussant dans des conditions d'humidité externe.

Dans ces conditions, l'assimilation se fait normalement. Ce n'est donc pas son absence qui produit dans la plante étiolée ce même développement du parenchyme et cette même faible lignification. Ces faits peuvent être rapportés, sans crainte d'erreur, à la turgescence.

Mais les tiges étiolées, et turgescentes, ne sont pas seulement. d'ordinaire, plus épaisses et moins lignifiées que les tiges vertes; elles sont encore très développées longitudinalement. Or les tiges de nos plantes riches en sels, au contraire, sont restées très courtes, malgré leur turgescence.

Cette différence vient à l'appui de l'opinion de Candolle, qui fait intervenir l'assimilation dans l'allongement. On voit en effet que, malgré leur forte proportion d'eau, les tiges qui, avec les produits de l'assimilation chlorophyllienne, durcissent leurs parois cellulaires, résistent à la turgescence et restent courtes.

D'autre part, malgré cette assimilation, et bien que leur proportion d'eau soit relativement petite, les plantes privées de sels allongent davantage leurs tiges. Ce nouveau fait nous semble permettre de conclure que les sels jouent dans l'allongement de la tige le même rôle que l'assimilation, c'est-à-dire qu'ils retardent cet allongement en rendant aussi plus solides les parois des cellules.

Cette dernière conclusion demanderait évidemment une démonstration plus directe, qu'on obtiendrait, semble-t-il, en observant, à l'obscurité, des plantes cultivées, les unes dans la solution, et les autres dans l'eau distillée. Ces dernières, privées de sels, devraient alors s'allonger plus que les premières. En réalité, on n'observe aucune différence; le fait ne vient pas toutefois à l'encontre de ce que nous avons énoncé; l'entrée des sels dans la plante à l'obscurité est en effet si faible, comme nous l'avons vu, que leur influence sur le durcissement des parois ne peut être très sensible.

Nous n'avançons donc que sous toutes réserves et nous donnons comme une simple hypothèse cette dernière conclusion.

2° *Influence de la turgescence et de l'assimilation sur les feuilles.* — Dans les feuilles, nous avons vu qu'il y a également des diffé-

rences, suivant que les plantes ont été élevées dans une solution ou dans l'eau distillée.

Les feuilles des plantes pourvues de sels, comme les feuilles des plantes poussant dans des conditions de grande humidité, deviennent pâles et prennent un grand développement en surface. La turgescence joue donc un rôle incontestable dans la dimension des feuilles, et c'est, comme le pense M. H. de Vries, par défaut de turgescence, que les feuilles des Dicotylédones ne se développent pas à l'obscurité.

L'assimilation n'a-t-elle donc, comme le pense M. Detmer, aucune influence? Dans le but de résoudre cette question, nous avons cultivé, comme l'a fait M. Detmer pour les *Raphanus*, des Lupins à l'obscurité, et d'autres à la lumière, dans un air privé d'acide carbonique. Mais, de plus, nous avons cultivé un troisième lot des mêmes plantes à la lumière, dans un milieu favorable à l'assimilation.

Comme M. Detmer, nous avons obtenu des feuilles plus larges à la lumière, dans un air privé d'acide carbonique, qu'à l'obscurité. Mais, en revanche, fait que M. Detmer a négligé d'observer, ces feuilles sont sensiblement plus petites que les feuilles de la troisième expérience qui ont pu, à la lumière, assimiler l'acide carbonique de l'air.

On paraît donc, au premier abord, en droit de conclure que l'assimilation influe sur le développement de la feuille. En réalité, le résultat obtenu n'est pas aussi probant. En effet, à la lumière, dans un air privé d'acide carbonique, la feuille verte transpire une plus grande quantité d'eau, dans le même temps, que la feuille verte placée dans un air pourvu d'acide carbonique (1). Sous l'influence de cette transpiration rapide, les feuilles de la deuxième expérience tendent sans cesse à renfermer une moindre proportion d'eau que les feuilles de la troisième expérience; elles doivent donc se développer moins en surface.

Il est dès lors impossible de déterminer, dans ces expériences comparatives, faites en présence ou en l'absence d'acide carbo-

(1) Henri Jumelle : *Assimilation et transpiration chlorophylliennes* (Revue génér. de Botanique, janvier 1889).

nique, la part qui, dans le phénomène, revient à l'assimilation.

Mais ces expériences montrent que la turgescence n'est pas la seule cause du développement des feuilles.

En effet, les feuilles placées, à la lumière, dans une atmosphère privée d'acide carbonique transpirent plus rapidement et renferment, par suite, d'une manière presque continuelle, une proportion d'eau moindre que les feuilles à l'obscurité; elles sont cependant plus développées.

Nous avons déjà signalé en outre, vers la fin de la végétation, une énorme augmentation dans la proportion d'eau des feuilles. Cependant il n'y a pas de développement foliaire correspondant; les feuilles restent petites.

Ces deux faits prouvent que la turgescence ne suffit pas à faire développer la feuille. Le second montre, en outre, que la lumière est nécessaire; et le premier, que cette influence de la lumière n'est pas due à l'assimilation qui en résulte.

Les feuilles des Graminées qui s'accroissent à l'obscurité comme à la lumière sont encore une preuve à l'appui de ce dernier point.

Il reste dès lors une seule explication possible, qui est celle déjà donnée en partie par Rauwenhoff (1) : Les feuilles, pour se développer, exigent la présence de certaines matières encore mal déterminées.

Ou ces matières existent en grande quantité dans la graine, et alors les feuilles se développent, même à l'obscurité. C'est le cas des Graminées.

Ou ces matières n'existent qu'en petite quantité, et doivent se former, au fur et à mesure du développement de la plante, aux dépens d'autres matières qui ne se transformeront que sous l'influence de la lumière. C'est le cas de la plupart des Dicotylédones.

A un point de vue tout à fait général, laissant de côté les phénomènes secondaires que nous avons déjà résumés, nous pouvons

(1) Rauwenhoff, *loc. cit.*

dégager de l'étude précédente ces quelques faits dominants :

1° *La croissance de la tige et des feuilles est liée à la proportion d'eau que ces organes renferment.*

2° *Dans la tige, la forte proportion d'eau est la cause principale de la grande croissance.*

Son influence est combattue par les causes qui tendent à durcir les tissus : assimilation, introduction de substances minérales.

3° *Dans les feuilles, la forte proportion d'eau n'est qu'une cause secondaire de croissance.*

Cette croissance est sans doute due surtout à la présence de certaines matières qui existent toutes formées dans la graine, ou ne se produisent que peu à peu, sous l'influence de la lumière.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE LA DEUXIÈME PARTIE.

Le milieu exerce, comme l'âge, une influence considérable sur les variations de poids des plantes.

Végétation dans un milieu dépourvu de sels. — L'absence de sels entraîne, outre une diminution naturelle de la substance sèche due à cette absence même, diminution relativement faible d'ailleurs jusqu'à floraison, un abaissement dans la proportion d'eau de la plante par rapport au poids sec.

Cet abaissement se manifeste surtout à partir du moment où, à l'état normal, les sels seraient abondamment puisés par les racines. Il en résulte les modifications anatomiques et morphologiques qui accompagnent toujours la diminution de la proportion d'eau de la plante, quelles que soient les causes qui la produisent.

La grande proportion d'eau de la plante riche en sels est due au ralentissement de la transpiration, et surtout à l'augmentation de l'absorption.

Végétation à l'obscurité. — Quand la plante est pourvue de sels, mais est cultivée à l'obscurité, c'est-à-dire dans un milieu tel que l'assimilation du carbone soit supprimée, l'absorption des substances minérales est excessivement faible, et se produit surtout au début de la végétation.

Avant la chute du tégument de la graine, la racine se comporte à l'obscurité comme à la lumière, mais l'axe attire déjà à lui une grande quantité de la substance des cotylédons; il renferme déjà, en outre, plus d'eau qu'à la lumière.

Après la chute du tégument, les racines gagnent bien plus rapidement, en substance sèche, à la lumière qu'à l'obscurité. Dans ce dernier cas, le gain par jour reste encore quelque temps le même qu'avant la chute du tégument, puis il diminue jusqu'à la fin de la végétation. La proportion d'eau est plus forte qu'à la lumière; comme à la lumière, elle augmente avec le développement.

L'axe hypocotylé cesse de s'accroître en poids sec à l'obscurité en même temps qu'à la lumière, mais, à tous moments, ce poids sec est bien plus fort dans le premier cas que dans le second. En un temps donné, il augmente dans les mêmes proportions par rapport à son poids antérieur, à la lumière et à l'obscurité. Les deux marches d'accroissement pourraient être représentées par la même courbe décrite à deux échelles différentes.

La proportion d'eau, au contraire, toujours plus forte à l'obscurité, s'élève, en même temps, plus rapidement.

Les cotylédons secs pèsent un peu moins à l'obscurité qu'à la lumière. La principale cause de cette différence paraît être, non l'absence d'assimilation, mais l'appel plus grand de leur substance par l'axe hypocotylé. Contrairement aux organes précédents, ils renferment, par rapport au poids sec, et en valeur absolue, plus d'eau à la lumière qu'à l'obscurité. Dans les deux cas, la quantité d'eau va en augmentant quelque temps légèrement.

La tige est la partie de la plante qui présente la plus grande différence en poids sec à la lumière et à l'obscurité. Pendant le développement de l'axe hypocotylé, le rapport du poids d'eau au poids sec de la tige est sensiblement le même dans les deux cas.

Quand l'axe a terminé son développement, ce rapport devient, au contraire, notablement plus grand dans la tige croissant à l'abri de la lumière.

La fin de la végétation à l'obscurité, qui a lieu quand les ma-

tières de réserves sont épuisées, est accompagnée d'une perte de poids sec de tous les membres de la plante.

La forte proportion d'eau qui caractérise en partie cette végétation est due, ici encore, à un ralentissement de la transpiration, et surtout à une augmentation de l'absorption.

Ce travail a été fait au Laboratoire de recherches botaniques de la Sorbonne, où il m'a été bien facilité par les conditions matérielles dans lesquelles j'ai pu le poursuivre. En adressant à M. le professeur Bonnier le témoignage respectueux de ma vive gratitude pour ses bienveillants conseils et son extrême obligeance, je suis heureux d'accomplir ici un devoir de reconnaissance.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche 9.

Fig. 1. — Courbes des variations de poids sec de la racine, de l'axe hypocotylé, de la tige et des feuilles du Lupin.

AG. *Germination.* — Les racines et l'axe hypocotylé ont, en poids sec, un gain quotidien sensiblement régulier.

G. *Début de l'assimilation chlorophyllienne.* — Augmentation rapide du gain quotidien de la racine.

GC. *De la fin de la germination à la chute des cotylédons.* — Le gain quotidien de la racine subit une augmentation croissante. Dans l'axe hypocotylé, le gain quotidien a diminué, puis s'est arrêté. Le gain quotidien de la tige et des feuilles va croissant.

CC'. *Chute des cotylédons.* — Le gain quotidien des racines diminue. Le poids sec de l'axe hypocotylé s'abaisse. Il y a augmentation rapide dans le gain, en poids sec, de la tige et des feuilles.

C'F. *Depuis la chute des cotylédons jusqu'au moment où les fleurs vont apparaître.* — Le gain quotidien augmente de nouveau dans la racine et dans la tige et les feuilles. Le poids sec de l'axe hypocotylé reste à peu près stationnaire.

FF'. *Floraison.* — Au début, le poids sec des racines et de l'axe hypocotylé diminue. La tige et les feuilles gagnent encore en poids sec, mais sans présenter d'augmentation brusque de poids, correspondant à la perte des autres organes. A la fin de la floraison, il y a de nouveau, dans tous les membres, un gain quotidien qui va croissant.

Fig. 2. — Courbes des variations de poids sec des cotylédons. La perte de poids sec, par jour, due aux transformations chimiques augmente légèrement, et régulièrement, depuis le début de la germination jusqu'à la chute des cotylédons (C).

La perte de poids sec, par jour, due à la migration de substances vers les autres parties de la plante, s'élève d'abord très rapidement, passe par un maximum (M) et diminue progressivement jusqu'à la chute des cotylédons (C).

Planche 10.

Fig. 1 et 2. — Les deux Lupins vivent depuis soixante jours, l'un (1) dans la solution de Knop, et l'autre (2) dans l'eau distillée.

Fig. 3. — Schéma d'une coupe transversale de l'axe hypocotylé de la plante 1, cultivée dans la solution.

Fig. 4. — Schéma d'une coupe transversale de l'axe hypocotylé de la plante 2, cultivée dans l'eau distillée.

Fig. 5. — Schéma d'une coupe transversale de la tige épicotylée (premier entre-nœud) de la plante 1, cultivée dans la solution.

Fig. 6. — Schéma d'une coupe transversale de la tige épicotylée (premier entre-nœud) de la plante 2, cultivée dans l'eau distillée.

Ces quatre schémas montrent les dimensions relatives, à cette époque, de la moelle (*m*), du bois (*b*), du liber (*l*), de l'écorce (*e*) dans ces différentes parties de la tige.

OBSERVATIONS

SUR LES RENONCULACÉES

DE LA FLORE DE FRANCE

Par M. Gaston BONNIER

(Suite)

ANEMONE (*suite*).

2° *Germination et développement.* — Aucun genre de Renonculacées n'offre une diversité aussi grande dans la germination et le développement que le genre Anémone. Aussi l'attention des botanistes a-t-elle été attirée depuis longtemps par les parties souterraines des différentes espèces d'Anémones. Clusius, Malpighi, Pritzel, et surtout Irmisch (1) ont décrit les modes si variés de propagation et de multiplication des espèces de ce genre.

Royer a établi une clef des espèces d'Anémones de la Côte-d'Or par les caractères de leurs rhizomes; on pourrait l'étendre à toutes les espèces françaises, et même reconnaître uniquement par leurs parties souterraines des variétés telles que celles d'*A. coronaria*.

C'est ainsi qu'on pourrait distinguer :

1° Les Anémones à rhizomes tuberculeux (*A. hortensis*, *A. coronaria*, *A. palmata*).

2° Les Anémones à rhizomes produits par les bourgeons adventifs des racines (*A. silvestris*, *A. baldensis*).

3° Les rhizomes épais et ligneux, dont les bourgeons adultes

(1) Irmisch : *Sur le développement des racines de quelques Renonculacées* (Ann. sc. nat., Bot. 4e série, t. IV, p. 274).

portent plusieurs feuilles développées (*A. vernalis*, *A. Pulsatilla* *A. alpina*).

4° Les rhizomes charnus et allongés, à bourgeons souterrains et ne portant ordinairement qu'une feuille développée (*A. nemorosa*, *A. ranunculoides*, *A. apennina*).

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur les observations faites sur les Anémones, car M. de Janczewski prépare en ce moment une très importante monographie du genre *Anemone*. Le savant botaniste polonais a d'ailleurs déjà fait paraître quelques intéressantes observations sur la germination et sur les hybrides des espèces de ce genre (1).

J'ai aussi eu l'occasion de publier une note sur le développement et la structure de l'*A. nemorosa* (2).

2. — *Distribution géographique.*

Anemone vernalis L. — Cette espèce qui peut s'élever dans les Alpes jusqu'à 2 900 mètres descend en Savoie jusqu'au-dessous de 1 500 mètres, ne se trouve ordinairement dans les Pyrénées qu'à la partie supérieure de la région alpine.

C'est par erreur que Delarbre ainsi que Grenier et Godron ont cité l'*A. vernalis* au Mont-Dore. Elle est localisée autour du Plomb du Cantal (Mlz, H.). M. Malvezin a essayé de l'introduire à Aurillac (630 mètres d'altitude) et à Saint-Jacques (900 mètres): la plante a fleuri pendant quelques années, puis a fini par disparaître.

Anemone Pulsatilla L. et *Anemone montana Hoppe.* — L'*A. Pulsatilla* est extrêmement polymorphe et il est très difficile de distinguer l'*A. montana* de quelques-unes de ces formes.

Le type n'existe ni en Savoie ni en Haute-Savoie: De Saussure (3)

(1) Ed. de Janczewski : *Germination de l'Anemone apennina* (Comptes rendus, 28 mai 1888).
Ed. de Janczewski : *Les hybrides du genre Anemone* (Bulletin international des sciences de Cracovie, juin 1889).

(2) G. Bonnier : *Note sur le développement et la structure de l'Anemone nemorosa* (Bulletin de la Société Botanique de France, 1885).

(3) De Saussure : *Voyages dans les Alpes*, p. 196.

cite l'*A. Pulsatilla* au Môle; mais c'est à tort et sans doute par confusion avec l'*A. alpina* (Gav.).

Il faut noter sa fréquence de moins en moins grande, à mesure qu'on s'avance vers le Nord de la France. Elle est encore assez commune sur les collines de Picardie et s'y trouve à la limite normale de sa distribution boréale. Plus au nord, on ne la connaît que dans une seule localité des collines de l'Artois, aux environs de Cambrai (Masc.).

L'*A. montana Hoppe* (*non G. G.*) à feuilles découpées en fines lanières et à divisions non pétiolulées est reliée à l'*A. rubra Lam.* (*A. montana G. G.*) (1) par de nombreux intermédiaires et l'on trouve même entre ces sous-espèces et les diverses formes d'*A. Pulsatilla* d'autres intermédiaires encore.

M. Tourlet a recueilli un très grand nombre de ces variétés; aucune ne ressemble à la forme que M. Coste signale sur le Larzac (Aveyron) dont les fleurs sont d'un rouge relativement clair, plus précoces quoiqu'à une altitude plus grande et dont les feuilles paraissent après les fleurs. On peut encore signaler une forme à fleurs d'un rose clair, trouvée à Marolette dans la Sarthe (Ch.) et une forme à sépales incisés, signalée çà et là dans les bois de Beauchamp (Seine-et-Oise) par M. Boudier.

Les exemples précédents suffisent pour montrer combien varie l'*A. Pulsatilla*. On peut ajouter, au sujet de sa distribution, que cette espèce a été indiquée par erreur en Auvergne et qu'elle doit être signalée, en revanche, dans les environs de Tours et dans la Sarthe.

Anemone alpina L. — Cette espèce est presque limitée entre 1 000 mètres et 2 500 mètres aussi bien dans les Vosges et le Jura que dans les Alpes, les Pyrénées et le plateau central.

La forme *A. sulfurea L.* ne diffère pas, comme on sait, uniquement par la couleur des fleurs, mais on trouve entre cette forme et l'*A. alpina* type tous les intermédiaires dans les Alpes, et même en Auvergne (H.). Sa forme type ne se rencontre pas dans le Cantal (Mlz.).

(1) C'est cette forme qui a été distribuée par Billot.

Anemone baldensis L. — C'est par erreur que cette espèce est indiquée dans la chaîne des Pyrénées. L'*A. baldensis* ne se trouve que dans la région alpine supérieure des Alpes.

Anemone silvestris L. — Cette plante est indiquée à tort en Auvergne (H., Mlz.) ainsi que dans l'Aveyron où elle est signalée par erreur dans le catalogue de M. Bras. On l'a confondue avec une forme de l'*A. nemorosa* (C.).

Il faudrait, au contraire, ajouter à ses localités : Butz (arrondissement de Mézières) (Baz.) et sur les collines des environs de Noyon et de Laon d'après La Fons Mélicocq.

Anemone nemorosa L. — Cette plante manque dans toute la basse Provence et sur une grande partie du littoral dans le reste de la région méditerranéenne.

Anemone ranunculoides L. — Cette espèce est remarquable par le renversement dans la nature des terrains qu'elle préfère suivant les régions. C'est ainsi que dans les Vosges on la rencontre en bien plus grande abondance sur les terrains calcaires, tandis que cette Anémone est au contraire localisée sur les terrains siliceux dans l'Aveyron (C.).

Dans les Ardennes, elle peut croître sur les schistes (à Laifour) ou sur le calcaire (au bois d'Élan) (Baz.).

Dans le Nord de la France elle n'existe que dans une seule localité à Abbeville.

A Montmorency, cette espèce n'est pas spontanée ; elle y a été plantée (Boud.).

Anemone narcissiflora L. — L'*A. narcissiflora* L. est citée à tort par Cariot, même dans l'édition de 1889, au Mont Salève ; elle ne s'y trouve pas (Gav.).

Anemone hortensis L. — Cette Anémone n'a pas été retrouvée à l'état spontané aux environs de Montpellier, où elle est signalée dans les flores (F. et B.).

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LA BOTANIQUE DESCRIPTIVE ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE

DES

PLANTES DE L'ASIE

PUBLIÉS EN 1888.

L'Afghanistan est l'une des contrées de l'Asie dont l'accès est le plus difficile aux Européens. En 1867, dans la préface du *Flora Orientalis*, Boissier ne put citer que deux collections importantes faites dans cette région : celle du Dr W. Griffith qui, de 1839 à 1841, explora, à la suite de l'expédition anglaise, les hautes montagnes de l'Indoukoh, au nord et à l'ouest de Cabul, et celle du Dr Stoks qui, en 1850 et 1851, réussit à pénétrer deux fois dans le Beluchistan et atteignit Quettah, dans l'Afghanistan, au prix des plus grands dangers.

Après ces deux explorations, qui fournirent du reste plus de deux mille espèces et un grand nombre de faits nouveaux intéressant la géographie botanique, le pays demeura de nouveau fermé aux naturalistes durant près de trente années; c'est seulement en 1878 et en 1879 que M. J.-E.-T. Aitchison, chirurgien-major de l'armée du Bengale, attaché à l'expédition du général Roberts, put de nouveau entrer dans l'Afghanistan et visiter une contrée encore inconnue, le territoire qui s'étend à gauche du fleuve Kuram, depuis Thal jusqu'à Péwarkotal, et de là sur les hauts plateaux dominant les bassins du Karaia et de l'Hazardarakht, l'un et l'autre tributaires du Kuram. Une collection de 950 espèces, représentées par 15,000 échantillons, fut le fruit de cet intéressant voyage.

En 1885, le gouvernement anglais eut une nouvelle occasion d'entrer dans l'Afghanistan; il s'agissait alors d'une délimitation de territoire; M. Aitchison fut de nouveau attaché à cette expédition et eut ainsi l'occasion de parcourir presque toute la partie nord-ouest avoisinant le Khorassan, le Khorassan lui-même, le Turkestan et le nord du Beluchistan (1).

L'attention de M. Aitchison s'est portée tout particulièrement sur les conditions climatériques et orographiques de la région qu'il visitait dans leurs rapports avec la végétation. Ses observations peuvent se résumer ainsi :

Ce qui frappe tout d'abord dans la flore de l'Afghanistan occidental, c'est une dissemblance presque complète avec celle de l'Afghanistan oriental, dissemblance uniquement due aux conditions climatériques très notable-

(1) *The Botany of the Afghan Delimitation Commission*. By J. E. T. Aitchison. London, april 1888, 4°, 139 p., 48 pl., 2 cartes (Transactions of the Linnean Society, ser. II, Botany, vol. III).

ment différentes malgré une latitude et des altitudes similaires. C'est ainsi que dans le district de Badghis, haute région située au nord de la chaîne du Parapomisus, la température s'abaisse souvent à plusieurs degrés au-dessous de zéro (Fahrenheit) et qu'il n'est point rare d'y voir persister la neige durant plusieurs jours, à une altitude qui ne dépasse pas beaucoup 600 mètres; d'autre part, au printemps, la période d'humidité et de froid se prolonge davantage et l'on a des exemples de givre et de neige se produisant à la fin du mois de mai. L'été s'y montre aussi beaucoup plus court que dans la zone tropicale, bien que durant les mois de juillet et d'août le thermomètre atteigne + 40° à l'ombre, et qu'à cette époque de l'année aucune rosée ne se manifeste dans les régions inférieures à 1,050 mètres.

Il en résulte qu'au-dessous de cette limite aucune culture n'est possible sans un système bien entendu d'irrigations, sauf dans le voisinage des cours d'eau; au-dessus, la région des rosées devient en même temps la région forestière où dominent *Juniperus excelsa*, qui fournit un excellent bois de construction, *Cratægus oxyacantha*, *Elæagnus hortensis*, *Lonicera nummularifolia*. Quelques autres types caractérisent les grandes altitudes, tels que: *Rheum Ribes*, qui couvre d'immenses espaces, *Rosa anserinæfolia*, *Solenanthus circinatus*, *Smyrnium cordifolium*, *Prangos pabularia* et *Alyssum persicum*.

La région qui s'étend au nord du Beluchistan n'est qu'une vaste plaine de sable et d'argile, circonscrite par une chaîne de collines calcaires et trapéennes, coupée par de nombreux lits de torrents desséchés: l'eau y fait presque complètement défaut; aussi la végétation y présente-t-elle un caractère éminemment désertique. La plus intéressante plante des collines de formation calcaire est le *Stocksia Brahuica*, Benth., singulière Sapindacée propre à cette région et qui pénètre jusqu'aux frontières de la Perse. On peut encore signaler: *Pistacia Terebinthus*, var. *mutica*, *Zygophyllum atriplicioides*, *Perowskia abrotanoides*, curieuse Labiée formant d'épais buissons hauts de 3 à 4 pieds, *Periploca aphylla*, *Tamaria gallica*, dont la présence indique toujours l'existence de l'eau à une faible profondeur, *Pennisetum dichotomum*, *Calligonum comosum*, etc.

Dans la plaine de sable et d'argile la végétation est extrêmement disséminée et rabougrie; les plantes dominantes sont: *Alhagi camelorum*, *Peganum Harmala*, *Sophora mollis* et *S. Griffithii;* puis de nombreuses Salsolacées: *Salsola Kali*, *S. arbuscula*, *S. fœtida*, *Halocharis sulphurea*, *Haloxylon salicornicum*, *H. Griffithii*, etc.

M. Aitchison donne d'intéressants détails sur la végétation et les cultures de la vallée du Hari-rud. Dans toute la partie qu'il a parcourue, c'est-à-dire depuis le village de Shekewan, au sud-est, jusqu'à Kumani, à l'ouest, la vallée est limitée au nord par la chaîne du Paropamisus, au sud par la chaîne du Do-Shakh, à l'ouest par une série de collines qui s'étendent depuis Koh-Bakharaz jusqu'aux frontières de Perse. Tout le long de la rivière se développe une large plaine d'alluvions dont le sol est d'une grande fertilité et qui, sous un gouvernement favorisant l'agriculture, pourrait nourrir 100,000 habitants. Il n'en est point malheureusement ainsi et partout le voyageur n'a rencontré que ruines et pauvreté. On cultive néanmoins çà et là des poiriers, des pêchers, des amandiers, des grenadiers et tous les

jardins sont remplis de roses rouges ou jaunes. Le *Rosa damascena* est cultivé pour l'essence de Rose qu'on en retire par la distillation, le *Rubia tinctorum* comme plante tinctoriale; le *Medicago sativa* et le *Trigonella Fœnum græcum* comme plantes fourragères.

Parmi les céréales le blé s'y montre d'excellente qualité; mais dans les cultures il est parfois mélangé de trop de seigle, ce dernier étant une herbe indigène. L'*Hordeum distichum* est cultivé; mais on lui préfère pour l'alimentation des hommes l'*H. hexastichum;* le grain de l'*H. vulgare* est considéré comme préférable pour la nourriture des chevaux.

La flore indigène de la vallée d'Hari-rud est formée d'herbes annuelles ou vivaces, d'arbrisseaux pourvus de souches épaisses, de plantes bulbeuses ou rhizomateuses, dont les parties souterraines présentent une structure qui leur permet de résister aux températures extrêmes. Les Ombellifères sont caractéristiques de cette flore et beaucoup d'entre elles atteignent des proportions considérables, comme par exemple le *Ferula fœtida* (Asa fœtida), *Ferula galbanifera* (Galbanum) et *Dorema Ammoniacum* (Gomme ammoniaque). Le développement de ces grandes plantes se fait en quatre mois seulement; elles apparaissent au commencement de mai et toute la contrée paraît alors recouverte d'un tapis de verdure qui disparaît complètement à la fin d'août. Ordinairement ces trois ombellifères croissent isolément, par groupes d'individus de même espèce; quelquefois cependant l'*Asa fœtida* et l'*Ammoniacum* sont associés.

Le *Ferula galbanifera* est, dans son jeune âge, légèrement teinté de jaune dans toutes ses parties végétatives qui sont à moitié transparentes et qu'on dirait faites de cire. Plus tard, un peu avant l'épanouissement des fleurs, la plante revêt une couleur orange tout à fait singulière. Le *Dorema Ammoniacum* est encore plus remarquable par la grande expansion de ses feuilles basilaires assez semblables aux feuilles basilaires du *Ferula fœtida* et de même taille qu'elles. La hauteur de la tige de ces grandes Ombellifères varie de 4 à 5 pieds et ce chiffre est probablement dépassé par celle du *Ferula fœtida*. Ces trois plantes, si intéressantes par les produits qu'on en retire, occupent toute la région comprise entre le district de Badghis et le Khorassan. L'auteur pense que le *Ferula galbanifera* atteint sa plus grande perfection dans le Badghis et il en voit la raison dans l'extrême humidité du climat de cette région.

Outre les Ombellifères dont il vient d'être question, on remarque encore le *Zygophyllum atriplicoides*, dont les feuilles sont employées comme fourrage et la tige comme bois de chauffage; 3 espèces d'*Artemisia;* les racines de l'une d'elles, *Artemisia maritima*, fournissent aussi un excellent combustible. Parmi les nombreuses Légumineuses, il faut citer l'*Eversmannia hedysaroides* Bunge, superbe plante qui donne une profusion de fleurs pourpres et roses, plusieurs *Acantholimon* et *Statice* et une multitude d'Astragales formant des monticules sphériques, qui rappellent des bouquets artificiels et fournissent aux chameaux leur nourriture favorite. Le genre *Cousinia* s'y montre également représenté par de nombreuses espèces. Les autres plantes qui prédominent appartiennent aux *Gaillonia*, *Ephedra*, et *Eurotia*. Au printemps le *Tulipa montana* colore la plaine avec ses fleurs complètement

cramoisies, cramoisies et jaunes ou seulement jaunes; à l'automne, c'est l'*Iris songarica* qui forme çà et là de larges bouquets de fleurs mauves, l'*Helicophyllum crassifolium* y croît en profusion et attire l'attention par ses spathes d'un pourpre intense.

Les plantes annuelles ou monocarpiennes s'y développent également en abondance et appartiennent surtout aux Crucifères et aux Papavéracées, *Chorispora*, *Malcomia*, *Isatis*, *Papaver*, *Glaucium*, *Rœmeria*, etc. Parmi les Graminées, le *Poa bulbosa* y végète sous une forme très luxuriante et le *Stipa pennata* recouvre les parties les moins fertiles de la plaine; les dépressions, le lit asséché des cours d'eau, sont occupés par le *Tamarix gallica*, par divers *Calligonum* et *Atraphaxis*, *Ruta*, *Stellaria*, *Nitraria*, etc.; au voisinage des cultures et des lieux humides, on rencontre surtout *Ammothamnus*, *Lehmanni*, *Sophora pachycarpa*, *Cleome coluteoides*; là où l'humidité du sol se trouve au contact d'efflorescences salines, croît le curieux *Miltianthus portulacoides*, petite Zygophyllacée à feuilles de Pourpier qui se couvre d'une multitude de fleurs à teinte cuivrée et dont la souche souterraine énorme, tout à fait hors de proportion avec le reste de la plante, présente une consistance spongieuse très singulière.

Sur la rive gauche du Hari-rud, près de Ghorian, on rencontre une vaste contrée dont le sol est pénétré de sel; les Chénopodées y abondent et, avec elles, le *Rubus discolor* dont les longs rameaux traînent sur le sol, le *Statice perfoliata* et le *S. suffruticosa*; le *Frankenia lævis* s'y montre partout.

On voit par ce qui précède que la vaste contrée parcourue par M. Aitchison présente des conditions très variées dans sa température, aussi bien que dans les conditions chimiques et le relief de son sol. La flore désertique de même que celle des régions salées rappelle tout à fait celle qu'on signale, étant donné des conditions analogues, dans les pays limitrophes, la Perse, le Béluchistan, le Turkestan et la Sibérie. Ce n'est guère que sur les hauteurs, qui ne dépassent pas d'ailleurs 2,000 mètres, que la flore devient plus spéciale et qu'on rencontre dans une faible proportion quelques types de l'Himalaya occidental et du Thibet, herbes ou sous-arbrisseaux, tels que *Sisymbrium himalaycum*, *Sophora mollis*, *Prangos pabularia*, *Pterotheca Falconeri*, *Epilasia ammophila*, ou des Chénopodées frutescentes, celles-ci empruntées aux parties les plus arides du Thibet. Les quelques emprunts faits à la flore subtropicale du Scinde et du Punjab consistent en arbrisseaux tels que: *Prosopis stephaniana*, *Alhagi Camelorum* et *Capparis spinosa*, ou en graminées: *Erianthus Ravennæ* et *Andropogon laniger*. La seule plante récoltée, dont l'aréa s'étende depuis l'Inde tropicale jusqu'aux limites de la région explorée, est le *Pulicaria foliosa*.

La zone tropicale, dont parlent Hooker et Thompson comme bordant la région afghane, ne s'étend donc pas jusqu'au nord-ouest, sans doute à cause de l'abaissement excessif de la température en hiver et de la courte durée de l'été; la preuve la plus concluante en est dans l'absence du Palmier-Dattier.

Quant aux espèces locales propres, M. Aitchison estime que leur nombre n'excède pas le sixième du total de la flore. Il exprime, en terminant, le regret de n'avoir pu porter ses investigations dans la région alpine au-dessus de 1,700 mètres. A cette altitude les arbres et les arbrisseaux font défaut.

sauf dans quelques stations privilégiées et grâce à une exposition particulière. Les différentes zones de végétation sont d'ailleurs nettement indiquées par la présence ou l'absence de certains végétaux et aussi par la forme particulière qu'on y voit prendre à plusieurs *Acantophyllum*, *Astragalus* ou *Onobrychis* qui, à cette altitude, constituent des buissons compactes simulant de petits monticules arrondis. Si l'on s'élève un peu au-dessus de ce niveau on rencontre, dans le Khorassan, la ceinture d'*Euphorbia* (*spec. indet.*), dont le voyageur a constaté précédemment l'existence dans le Kashmir et dans le Kuram. Plus haut encore apparaît la région des pâturages où dominent un *Pedicularis* (*spec. indet.*), l'*Alyssum persicum*, l'*Erysimum persepolitanum* et divers *Astragalus*.

Il est à remarquer que plusieurs espèces généralement considérées comme subalpines se rencontrent là à des stations inférieures à 600 mètres ; c'est le cas du *Rheum Ribes*, du seul *Primula* et de la seule Gentiane rencontrés dans la région.

A 2,200 mètres toute végétation disparaît.

Ce nouveau voyage de M. Aitchison complète très heureusement celui qu'il a fait en 1879 dans une autre partie de l'Afghanistan, située au sud-est, la vallée de Kuram, dont le climat est bien plus tropical et les altitudes plus considérables, puisqu'elles atteignent 4,500 mètres. Aussi la flore des deux régions offre-t-elle peu d'analogie, celle du Kuram ayant des relations très étroites avec la flore de l'Inde tropicale et surtout de l'Himalaya. Ces deux explorations faites à six années d'intervalle et dans des conditions toutes particulières, sans lesquelles elles n'auraient pu être conduites à bonne fin dans un pays aussi inhospitalier, permettent de bien saisir aujourd'hui dans leur ensemble les caractères si variés de la flore de l'Afghanistan.

La Flore de la Chine demeurée si longtemps dans une obscurité presque complète prend rapidement rang parmi celles des pays qui nous sont le mieux connus. On sait que les premières notions qui soient parvenues sur les plantes de la Chine sont dues au médecin hollandais André Cleyer, qui visita cette contrée en 1680, et à Jacques Cunningham, chirurgien anglais qui, en 1700, explora surtout l'île Chusan, dont il envoya les productions à Plukenet et à Petiver. Le P. d'Incarville, chef des missions des Jésuites à Pékin, résida dans cette ville de 1742 à 1755 et cultiva l'histoire naturelle avec beaucoup d'ardeur ; on conserve au Muséum un curieux herbier formé par lui aux environs de Pékin et de Macao et renfermant 291 espèces ; c'est l'une des collections les plus considérables qui nous soient parvenues des plantes de cette contrée, jusqu'à Bunge qui, vers 1831, visita également les environs de Pékin et en rapporta 420 espèces. Trente ans plus tard, de 1860 à 1862, M. Debeaux, pharmacien major, explorait avec le plus grand succès les environs de Shanghai, de Chéfou et de Tientsin. Ces diverses collections et quelques autres qu'il serait trop long de citer ici ne faisaient toutefois connaître que la végétation du littoral chinois; aucun naturaliste n'avait en effet pénétré dans l'intérieur de l'empire, si ce n'est Clarke Abel qui accompagnait en qualité de naturaliste lord Amherst, lors de son ambas-

sade en 1816 et, à ce titre, se rendit de Canton à Nankin en traversant les provinces de Kwang-tung, de Kiang-si et d'Anwheï. Malheureusement toutes les collections que Clarke Abel avait formées en Chine furent perdues dans le naufrage du vaisseau qui les rapportait en Europe, à l'exception d'un très petit nombre d'espèces données antérieurement à sir G. Staunton.

Enfin à partir de 1843 et surtout de 1848, époques auxquelles Robert Fortune fit ses deux grands voyages en Chine, l'obscurité qui entourait encore la flore des provinces centrales de la Chine cesse; de 1862 à 1873, M. l'abbé David traverse deux fois la Chine dans sa plus grande largeur et pénètre jusqu'au Thibet oriental, récoltant partout des plantes; durant cette période, et surtout dans les années qui suivirent, les explorations des botanistes, anglais surtout, se multiplient et sont résumées pour la plupart, au moins jusqu'en 1885, dans les travaux de Hance. Vers cette époque, et même un peu avant, Ichang, capitale de la province de Hupeh, située sur les bords du Yangtchékiang, juste au centre de l'empire chinois, devenait le centre d'exploration d'un botaniste anglais, le Dr Heury qui, succédant à Watters, trouvait là une végétation d'une étonnante variété. D'autre part, quelques années auparavant un naturaliste russe parcourait le Kansuh et y formait des collections aussi remarquables par le nombre que par l'importance des découvertes.

Tels sont, indiqués à grands traits, les matériaux qui ont servi à MM. Blackwell Forbes et B. Hemsley pour leur *Index Floræ sinensis* (1). Ce catalogue est rédigé comme la plupart de ceux qui se font aujourd'hui, c'est-à-dire que les espèces nouvelles seules y sont décrites; la synonymie y est donnée avec beaucoup de soin; les numéros des collecteurs sont toujours cités, ce qui est d'une grande utilité pour les herbiers publics et particuliers qui possèdent les plantes de ces collecteurs; s'il m'était permis d'exprimer un regret à cette occasion, je dirais combien il est fâcheux que dans plusieurs publications anglaises, notamment l'important *Flora of British India*, les numéros des collections soient si parcimonieusement donnés.

Le premier volume de l'*Index Floræ sinensis* comprend, selon l'ordre du *Genera plantarum*, les Renonculacées-Composées. Les espèces nouvelles, au nombre de 94, ont été fournies aux auteurs surtout par les collections faites aux environs d'Ichang par M. A. Heury. Trois genres nouveaux sont signalés :

Psilopeganum, p. 103, pl. 3 (Rutacées). Calyx 4-partitus. Petala 4, sessilia, oblongo-ovalia, integerrima. Discus parvus, fere obsoletus. Stamina 8, alterna breviora, filamentis subulatis; antheræ oblongæ. Ovarium sessile, alte bilobum, lobis 1-locularibus; stylus unicus stigmate simplici; ovula in loculis 5-6, placentis a medio loculi pendulis affixa. Cocci 2, basi connati, divergentes, membranacei, inflati, apice (ventre) dehiscentes. Semina reniformia, testa cinerea, crustacea, scrobiculata; albumen carnosum; embryo teres, curvus. —

(1) *Index Floræ Sinensis*. An Enumeratio of all Plants known from China Proper, Formosa, Hainan, Corea, the Luchu Archipelago, and the Island of Hongkong, together with their Distribution and synonymy. By Fr. Blackwell Forbes and W. Botting Hemsley. London, 8°, vol. I (1886-1888), 521 p., 14 tab. (1 mapp.). — Extrait du *Linnean Soc. Journ.* Botany, vol. XXII.

Herba perennis, glanduloso-punctata, caulibus numerosis, gracilibus. Folia alterna, trifoliolata. Flores parvi, solitarii, extra axillares, graciliter pedunculati.

Diffère du genre *Boenninghausenia*, auquel il ressemble beaucoup, par ses feuilles trifoliolées, par ses fleurs extra-axillaires, solitaires, par son disque vraiment petit et par son ovaire sessile, biloculaire. Le *Thamnosma* a un pistil dimère, associé à des feuilles simples, et un aspect tout différent. Observé aux environs d'Ichang par M. Maries et M. Henry.

Fordia, p. 160, pl. 4 (Légumineuses-Papilionacées). Ce genre dédié à M. Ford, surintendant du jardin botanique de Hong-Kong, doit être placé entre les *Milletia* et les *Wistaria ;* il en diffère par ses feuilles multifoliolées (jusqu'à 25 folioles), par ses grappes courtes et raides naissant sur le vieux bois, souvent tout près du sol, par son ovaire biovulé et ses graines discoïdes, sans strophiole. Découvert dans la province de Kwang-tung par M. Ford.

Faberia, p. 479. Ce nouveau genre de Composées-Cichoriacées a plutôt un port de Mutisiacée, mais tous ses caractères le rapprochent des *Troximon* et des *Taraxacum :* Capitula homogama liguliflora. Involucrum campanulatum, bracteis herbaceis, intimis uniseriatis coloratis pappum æquantibus, exterioribus pluriseriatis appressis gradatim minoribus, extimis squamiformibus. Receptaculum planum vel leviter convexum, epaleaceum. Corollæ ligulatæ apice 5, dentatæ. Antheræ... Styli rami tenues, elongati, papillosi. Achæmia fusiformia, striata vel leviter costata, minute hispidula, erostrata. Pappi setæ fuscæ, uniseriatæ, simplices, basin versus barbellatæ, inæquales. Herba scapigera. Folia lyrato-pinnatifida. Scapi oligocephali. Capitula majuscula. Le *Faberia sinensis* a été trouvé dans le Su-tchuen par le R. Faber; il croît sur le mont Omeï, à une hauteur de 1,200 mètres à 1,300 mètres. La plante a été récemment figurée dans Hooker, *Icones plantarum*, tab. 1815.

Dans une région qui s'étend du 16° au 46° de latitude et qui, de l'est à l'ouest, va du 130° au 100° de longitude, c'est-à-dire dont la superficie est sensiblement plus considérable que celle de l'Europe, dont l'orographie est aussi variée que les conditions climatériques, où les grands cours d'eau abondent, il faut s'attendre à trouver une grande variété de formes végétales. Il en est ainsi en réalité si cette variété ne s'entend que des familles et des genres, extrêmement nombreux dans la flore chinoise et appartenant les uns aux régions tempérées, les autres aux régions tropicales. Mais si par richesse de la flore on entend une grande variété de formes spécifiques, on demeure au contraire étonné de sa pauvreté. Le chiffre des espèces signalées dans l'*Index floræ sinensis* atteindra en effet à peine 6,000, chiffre qui pourra s'élever au plus de 1,200 à 1,500 espèces, en y joignant celles qui dès à présent se trouvent dans les collections du Muséum et proviennent surtout de la Chine occidentale.

On voit par ce simple aperçu que la flore de Chine est sensiblement moins riche que celle de l'Europe dont les formes spécifiques atteignent presque le chiffre de 10,000. Plusieurs causes concourent à donner à la végétation de l'empire chinois cette pauvreté relative. D'abord le pays n'est pas encore complètement exploré ; d'autre part la perfection de la culture dans un grand nombre des provinces, surtout dans celles du centre et de l'ouest, ne laisse pour ainsi dire plus de place à la végétation spontanée ; les forêts

ne s'y montrent guère que dans les parties les plus inaccessibles, tous les terrains utilisables ayant été mis à profit par ce peuple laborieux. Enfin une troisième cause réside dans l'étendue des régions désertiquès qui occupent tout le nord de l'empire et qui, sous l'influence de froids rigoureux, ne présentent qu'une végétation aussi pauvre en formes spécifiques qu'en individus.

J'ai dit précédemment que ce premier volume de l'*Index* ne comprenait que la moitié environ du chiffre total des familles; les espèces énumérées y sont au nombre de près de 2,500. On peut dès maintenant juger que la flore de Chine emprunte les deux tiers de ses éléments aux contrées avoisinantes et en même temps que la répartition s'en est faite d'une façon très inégale et pouvant fournir matière à des suppositions très variées. C'est ainsi que l'élément japonais est assez faiblement représenté, contrairement à ce qui semble devoir exister, dans les parties les plus orientales de l'empire. C'est en effet surtout dans les provinces du centre et de l'ouest que cet élément se manifeste avec le plus d'intensité et que l'on a observé les formes les plus caractéristiques telles que : *Akebia lobata*, *Epimedium sagittatum*, *Hypericum erectum*, *Stachyurus præcox*, *Rodgersia podophylla*, *Cardiandra alternifolia*, *Saxifraga sarmentosa*, var. *Fortunei*, *Astilbe Tunbergii*, *Nothosmyrnium japonicum*, etc., etc.

La flore de la province de Yun-nan, la plus occidentale de la Chine et celle du Thibet oriental, dont il sera question plus loin, fournissent encore des documents favorables à cette observation qui semble indiquer que la distribution des plantes en Chine et au Japon ne s'est point faite dans le sens de la latitude, mais bien plutôt dans celui des longitudes, comme l'a déjà exprimé Heer pour la flore d'autres pays.

La province ou principauté de Moupine située, sur les confins de la Chine, dans la partie la plus orientale du Thibet, par le 32° de latitude nord environ, a été visitée en 1869 par M. Armand David. Durant un séjour de neuf mois, et malgré des difficultés de tout genre, ce zélé naturaliste a pu faire dans cette région des découvertes d'une grande importance, en zoologie comme en botanique (1).

Le Moupine est tout entier occupé par des chaînes de hautes montagnes, dont quelques-unes atteignent 5,000 mètres ; la température s'y montre très élevée en été dans les vallées, mais en même temps l'humidité y est constante à cause de la persistance de brouillards intenses. Ces conditions sont éminemment favorables à la végétation; aussi la flore s'y montre-t-elle d'une richesse exceptionnelle, aussi bien en types particuliers à la contrée, qu'en espèces déjà signalées et appartenant surtout aux plus hautes régions himalayennes.

Deux faits frappent surtout dans la végétation de Moupine : c'est d'abord une analogie extrême avec celle de l'Himalaya, comme je viens de le dire, analogie caractérisée par l'abondance relative des Rosacées, des Saxifra-

(1) *Plantæ Davidianæ* ex Sinarum imperio, par A. Franchet. Deuxième partie. Plantes du Thibet oriental (province de Moupine). Paris, 1888, 4°, 234 p., 17 pl. (extrait des *Nouvelles Archives du Muséum*, 2e série, vol. VIII et X).

gacées, la multiplicité des formes de *Rhododendron*, de *Primula* et de *Pedicularis*, l'appauvrissement en Glumacées, le grand nombre des Fougères, etc. C'est en second lieu le chiffre élevé des types autonomes qui est de près de 30 p. 100 du nombre total; ces types propres à la région ont d'ailleurs un facies himalayen très accentué et comme, d'autre part, le chiffre des espèces communes à Moupine et aux régions les plus élevées de l'Himalaya dépasse 25 p. 100, il en résulte que la flore de cette partie du Thibet n'emprunte aux autres contrées qu'un très petit nombre de formes et qu'on doit la considérer comme une dépendance directe de la flore himalayenne. Il est cependant à remarquer que la végétation japonaise se trouve représentée là par un petit nombre de types bien spéciaux, tels que *Kerria japonica*, *Rodgersia japonica*, *Schizophragma hydrangeoides*, *Cornus officinalis*, *Akebia lobata*, *Nothosmyrnium japonicum*, *Polygonum suffultum*, var. *rufescens*, etc., toutes plantes manquant à la flore de la Chine orientale, soit même à celle de la Chine toute entière.

Plusieurs genres nouveaux sont signalés dans la flore de la principauté de Moupine; ce sont : *Dickinsia*, genre d'Ombellifères à port d'*Hydrocotyle* et voisin surtout des *Asteriscium*, de l'Amérique australe; il en diffère par la brièveté des sépales, par ses pétales concaves nullement infléchis au sommet, par ses fleurs hermaphrodites.

Pternopetalum, autre ombellifère qui doit prendre place près des *Ægopodium*, mais dont les côtes du fruit sont amincies-aliformes et fimbriées, les sépales allongés, les pétales dressés-connivents et prolongés à la base en forme de sac ou d'éperon court.

Ypsilandra, singulier genre de Liliacées, à port d'*Helionopsis*, caractérisé par des étamines basilaires tout à fait indépendantes des pétales et dont les anthères uniloculaires, en forme de fer à cheval avant la déhiscence, s'ouvrent en dehors dans le sens de leur largeur, devenant à la fin peltées et suborbiculaires, comme celles des *Veratrum;* ce genre *Ypsilandra* est donc intermédiaire entre la tribu des Nartheciées et celle des Vératrées.

Deux autres genres très intéressants signalés depuis longtemps et dont la place reste un peu indécise dans la série des familles appartiennent encore à la flore du Moupine, ce sont : *Camptotheca* Decaisne (1), qui a été aussi rencontré en Chine dans la province de Kiang-Si, et *Davidia* Baillon (2), l'un des plus beaux arbres de la flore asiatique.

La flore du Japon a donné lieu à quelques travaux qui montrent bien qu'elle est encore susceptible d'un accroissement très sensible. Cette intéressante région est explorée avec succès depuis quelques années par des botanistes japonais et par un missionnaire français, M. Faurie, qui s'est attaché surtout à étudier la végétation des provinces du nord de Nippon et celle d'Yéso. M. Maximowicz, dans une série de fascicules (3), a fait con-

(1) *Bull. Soc. bot. de France*, vol. XX, p. 157.
(2) Adansonia, X, p. 114.
(3) *Diagnoses plantarum novarum asiaticarum*. Fasc. I — VII. — Scripsit C. J. Maximowicz (Mél. biol. tirés du *Bull. de l'Acad. Imp. des sciences de Saint-Pétersbourg*, t. IX, XII).

naître toutes les nouveautés de flore de l'Asie orientale qui lui ont été fournies soit par les voyages des botanistes russes dans le nord-est de la Chine, soit par les siens propres au Japon, soit par ceux des botanistes de cette même région. Le fascicule VII, publié en mars 1888, donne la description d'un grand nombre d'espèces nouvelles et signale un nouveau genre de Scrofulariacées-Chélonées, *Scrofella*, appartenant d'ailleurs à la flore de la Chine occidentale et différant des *Scrofularia* par son calice 5-partit à dents subulées, sa corolle à lèvres entières, ses étamines au nombre de 2 seulement insérées sur la lèvre postérieure et dont les anthères ont leurs loges parallèles, par ses fleurs en grappes simples.

A propos de deux types nouveaux d'*Illicium*, l'un du Japon, l'autre de l'Assam, l'auteur fait une revision du genre, sous forme de tableau synoptique; il énumère 8 espèces seulement, auxquelles il faudrait ajouter *J. verum* Hook, récemment décrit et fort intéressant parce que c'est lui qui fournit la Badiane, ou *Anis étoilé* du commerce, dont l'arbre producteur était demeuré inconnu jusqu'ici (1).

Les plantes de M. Faurie (2) ont révélé de nouvelles affinités entre la flore du nord du Japon et celle de l'Amérique septentrionale; c'est ainsi qu'il a constaté dans l'île d'Yéso l'existence du *Saxifraga virginiensis* Mich., sous une forme un peu spéciale, il est vrai; d'un *Rhynchospora* (*R. Fauriæ*) très voisin du *R. fascicularis* Nees, d'un *Cardamine* (*C. Fauriæ*) qui n'a d'analogie qu'avec le *C. cordifolia* A. Gray, du *Smilacina canadensis* Desf. qui n'est qu'une forme américaine du *S. bifolia* Boott et d'un très grand nombre d'espèces du même genre dont plusieurs rentrent dans le groupe du *C. plantaginea*.

A signaler aussi le nouveau genre *Fauria* (3), du nord du Japon, Saxifragée se rapprochant des genres *Oresitrophe*, *Boykinia* et *Bolandra*. Il est caractérisé surtout par ses étamines qui sont au nombre de 5 seulement et par son ovaire uniloculaire surmonté par un seul style; les fleurs sont pétalées.

A. Franchet.

(1) *Botanical magazine*, tab. 7005 (Jul. 1888).

(2) *Notes sur la végétation de l'île d'Yéso et diagnoses de plantes nouvelles du Japon*, par A. Franchet, I, IV (*Bulletin de la société philomatique de Paris*, 1885-1888).

(3) *Fauria* Fr. (*Bull. soc. phil. de Paris*, série 7, vol. X, p. 140).

SUR LES VARIATIONS

DES

ALTERNARIA ET DES CLADOSPORIUM

Par M. J. COSTANTIN.

(Pl. 23 et 24.)

La question de l'origine du *Cladosporium herbarum* est depuis longtemps discutée, bien que cette plante soit une des plus vulgaires et qu'elle s'observe partout dans la nature et dans les laboratoires. On ne peut guère ramasser à l'automne de brindille ou de feuille sans l'y rencontrer ; on ne peut pas non plus entreprendre des cultures nombreuses sans l'y voir apparaître de temps à autre spontanément. Malgré cette grande diffusion, on sait peu de chose sur son histoire, et on a pu dire avec juste raison que cette plante avait été le rendez-vous de tous les champignons à existence douteuse.

Tulasne (1) a le premier affirmé que le *Cladosporium herbarum* appartenait au cycle de développement du *Pleospora herbarum ;* tous les observateurs qui l'ont suivi ont combattu cette opinion. Ils ont, par contre, confirmé un autre résultat obtenu par ce savant sur les relations qui existent entre le *Pleospora* et l'*Alternaria tenuis*. C'est ainsi que les deux questions de l'origine des *Cladosporium* et des *Alternaria*, en apparence distinctes, se trouvent liées entre elles historiquement parlant.

L'histoire des opinions diverses qui ont été émises successivement sur ces deux formes, bien qu'un peu longue et compliquée,

(1) Sel. Carp. Fung. II, p. 261, pl. XXXII et XXXIII.

est intéressante à suivre en détail, car elle indique l'influence, dans ce genre de recherches, à la fois du point de départ (spore initiale) et du milieu de culture; cette revue des travaux est de plus indispensable pour comprendre ce qui va suivre.

Tulasne, conformément à une ancienne méthode, se contentait d'annoncer les résultats sans indiquer les conditions précises dans lesquelles les observations avaient été faites; un pareil procédé d'exposition ne peut plus être employé aujourd'hui. Il rattachait au *Pleospora herbarum,* en plus des deux formes indiquées précédemment, un appareil à stylospores et le *Macrosporium sarcinula.*

En 1873, MM. Gibelli et Griffini (1) reprirent la question et arrivèrent à cette conclusion qu'il y avait en réalité deux *Pleospora*, l'un ayant pour forme conidienne l'*Alternaria*, l'autre pour appareil conidien le *Macrosporium Sarcinula;* ils proposèrent de désigner la première espèce sous le nom de *Pleospora Alternariæ*, la seconde sous celui de *P. Sarcinulæ*. Les matériaux à l'aide desquels ils firent les semis étaient les ascospores de périthèces poussant les uns sur le *Physospermum aquilegifolium*, les autres sur le *Gilia*. Les ascospores des périthèces du *Physospermum* donnèrent des *Alternaria* et des périthèces; les ascospores des périthèces du *Gilia* donnèrent la forme *Sarcinula* et des périthèces à ascospores d'une autre taille; ils obtinrent deux fois dans ce dernier cas des pycnides. Ils cherchèrent à établir, mais sans y parvenir, une dépendance entre les stylospores de ces pycnides et le *Cladosporium herbarum;* ils n'obtinrent jamais dans ces cultures que de nouvelles pycnides. Le mycélium du *Pleospora Sarcinulæ* aurait donc seul engendré des pycnides.

Quelques années plus tard, en 1876 et 1877, M. Bauke (2) restreignit un peu la portée du travail des savants italiens. Les ascospores peuvent donner, selon lui, soit des *Alternaria* et des pycnides, soit des *Sarcinula* et des périthèces. Il revenait donc

(1) Gibelli e Griffini : Sul Polimorfismo della *Pleospora herbarum* (Ricerche fatte nel laboratorio di Bot. crittogam. in Pavia, 1873).

(2) Baucke : Beiträge zur Kenntniss der Pycniden (*Nova Acta der Caes. Leop. Carol. Deutschen Akad. der Naturf.*, Halle, XXXVIII, nº 5). Zur Entwickelung der Ascomyceten (*Bot. Zeit.*, 1877, p. 313-326).

partiellement à l'opinion de Tulasne et ajoutait même au cycle de développement du *Pleospora herbarum* une forme microconidienne (?) ayant passé inaperçue jusque-là. Quant à la culture des conidies, elle donnait des résultats qui ont été depuis confirmés par M. Kohl. L'*Alternaria* donne l'*Alternaria* indéfiniment, et la forme *Sarcinula* donne des *Sarcinula* et des périthèces.

M. Kohl (1) en 1883, croyait devoir résumer son nouveau travail sur la question en disant :

1° Les *ascospores* donnent des *Sarcinula* et des périthèces;

2° Les conidies *Sarcinula* donnent les deux mêmes formes;

3° Les *Alternaria* donnent seulement des *Alternaria;*

4° Les stylospores donnent des pycnides et des *Alternaria.*

Ces résultats montrent donc bien l'influence de la spore qui sert de point de départ. Ils ne sont cependant pas complètement d'accord avec les résultats précédents. Deux fois, en partant d'ascospores, M. Bauke a obtenu des pycnides; M. Kohl n'a pas vérifié ce fait, aussi paraît-il disposé à se rallier à l'opinion des auteurs italiens. Ses cultures ne lui ont cependant pas permis d'établir une relation entre un *Pleospora* et l'*Alternaria;* il avoue même que la culture d'ascospores d'un *Pleospora* qui se rattachait, par les dimensions de ses spores, au *Pleospora Alternariæ* lui a donné des conidies de *Sarcinula* et des périthèces. D'un autre côté il constate qu'il n'a jamais obtenu les microconidies de M. Bauke.

La question paraît se compliquer encore après le travail tout récent de M. Mattirolo (2), qui revient à l'opinion de MM. Gibelli et Griffini de l'existence de deux *Pleospora*, mais l'un serait le *Pleospora herbarum* auct. et l'autre le *Pleospora infectoria* Fuck. Il résume son mémoire de la manière suivante :

I. — *Pleospora Sarcinulæ* Gibelli et Griffini = *Pl. herbarum* Tul. et auct.

(1) Kohl : Ueber den Polymorphismus vom *Pleospora herbarum* (*Botanisches Centrablatt*, 1883, XVI, p. 26.

(2) Mattirolo : Sul polimorfismo della *Pleospora herbarum* Tul. e sul valore specifico della *Pleospora Sarcinulæ* e della *Pleospora Alternariæ* di Gibelli e Griffini (Malpighia, 1888, II, p. 357).

Forme ascophore : asques 120-160 ≈ 25-35 μ; spores 20 à 30 cellules 30-52 ≈ 15-18 μ.

Forme conidienne : *Macrosporium Sarcinula.*

Forme pycnidifère (non observée par Kohl).

Forme microconidienne (observée par Bauke, niée par Kohl).

Sclérote (observé par Bauke).

II. — *Pleospora Alternariæ* Gibelli et Griffini ≈ *Pl. infectoria* Fuckel, *Pl. vulgaris* Niessl.

Forme ascophore : asques 90-115 ≈ 12-16 μ; spores 10 à 14 cellules 18-24 ≈ 8-12 μ (non observée par Kohl).

Forme conidiale : *Alternaria tenuis.*

Forme pycnidifère.

En somme, les résultats de M. Mattirolo se rapprochent un peu de ceux de M. Bauke, bien qu'il sépare les deux *Pleospora;* il admet, en effet, comme lui l'existence d'une forme microconidienne et une relation entre l'*Alternaria* et un *Pleospora.*

Un point reste encore obscur, c'est la nature de cette forme microconidienne trouvée par M. Bauke, niée par M. Kohl, retrouvée par le dernier auteur; son organisation n'a pas été décrite et les conditions dans lesquelles on l'observe n'ont pas été précisées. Cela est regrettable, car Tulasne a obtenu de la germination des stylospores d'une pycnide de *Pleospora* (sur un fruit de *Phaseolus vulgaris*) une forme qui mériterait le nom de microconidienne (Carpologia II, pl. XXXII, fig. 5, voir page suivante, fig. *c*). Si c'était d'elle qu'il est question dans les travaux de MM. Bauke et Mattirolo, on pourrait dire que le problème de l'origine du *Cladosporium herbarum* est résolu dans le sens de Tulasne, car cet appareil conidifère n'est autre que l'*Hormodendron cladosporioides* qui n'est qu'une forme naine de la plante précédente, comme on le verra plus loin.

Tous les auteurs précédents ont surtout étudié les variations qui se produisent en partant d'une forme parfaite; ils ont peu insisté sur les changements de structure des formes imparfaites; ils leur ont attribué en tous cas peu d'importance. M. Laurent dans un travail récent a suivi avec beaucoup de soin les

variations du *Cladosporium* (1); j'étais arrivé à des résultats très semblables aux siens au moment de la publication de sa note; il n'a pas entrepris les mêmes recherches sur l'*Alternaria*. C'est sur ce point que je viens insister dans le travail actuel. J'étudierai successivement les transformations de l'*Alternaria tenuis* et du *Cladosporium herbarum*.

Alternaria.

Définition. — L'*Alternaria tenuis* est un Champignon filamenteux constitué par une tige fructifère en général courte, le plus

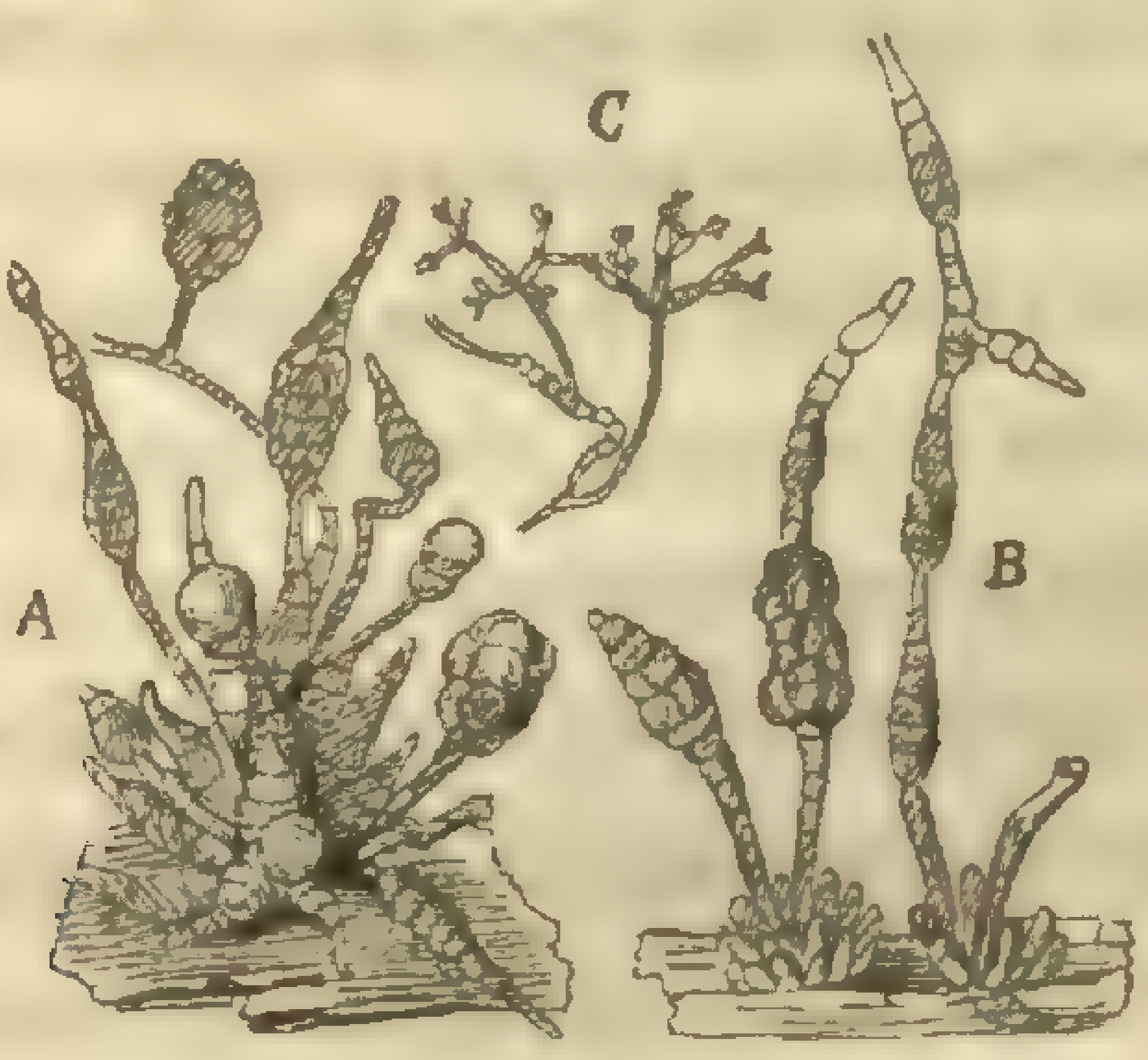


Fig. 58. — A. Aspects divers de l'*Alternaria*. — B. *Mystrosporium pyriforme* se transformant en *Alternaria*. — C. Stylospore d'une pycuide germant et produisant une forme naine de *Cladosporium herbarum* (d'après Tulasne).

souvent simple et terminée à sa partie supérieure par un chapelet simple ou ramifié de grandes spores cloisonnées dans plusieurs directions. Bien définie par Nees von Esenbeck, cette plante a été illustrée magnifiquement par Corda dans le *Prachtflora*.

Tulasne, qui a très bien étudié cette forme conidienne, n'a pas indiqué une seule fois son nom véritable dans la vaste synonymie qu'il mentionne dans son grand traité. Elle est cependant parfaitement reconnaissable (2) dans plusieurs de ses figures (fig. 58, A et B) malgré le nom de *Mystrosporium pyriforme* Desm. (3) qu'il lui donne. Il ne semble pas, au premier aspect, que cette

(1) Sur le polymorphisme du *Cladosporium herbarum* (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1888, nov et déc.).

(2) Carpologia, II, pl. XXXII, fig. 1, 2; pl. XXXIII, fig. 11.

(3) Desmazières : Plantes cryptog. de Fr. 14e note (*Ann. sc. nat.*, 3e sér. 1847, t. VIII, p. 9).

détermination soit exacte quand on se reporte à la figure de cette forme donnée par Saccardo (1); mais il y a à tenir compte des variations très grandes de ces appareils que Tulasne a bien mieux observées que ceux qui sont venus après lui. Nous verrons, en effet, que les chapelets de l'*Alternaria* peuvent quelquefois se réduire à une spore, et il paraît vraisemblable que le *Mystrosporium pyriforme* de Desmazières n'est que l'*Alternaria*. J'ai examiné plusieurs échantillons authentiques de Desmazières de la collection de ce botaniste au Muséum, et j'ai acquis la conviction que j'avais affaire à l'*Alternaria*, mais poussant en touffes qui sortent des tissus corticaux de la tige (2).

En laissant donc de côté la question de nom, Tulasne paraît avoir observé des variations passées depuis sous silence justement parce qu'il partait de l'étude d'une forme mal définie. En effet si la figure 58 B, dessin de droite extrait du Carpologia donne l'*Alternaria* bien reconnaissable, la figure A et la figure B (dessin de gauche) donnent des formes très modifiées que les auteurs postérieurs à Tulasne ont eu tort de négliger. La figure A semble marquer des termes de passage entre l'*Alternaria tenuis* et le *Macrosporium Sarcinula* (3). La figure B (dessin de gauche) me paraît offrir des termes de passage vers une autre forme qui se rapproche beaucoup de certains aspects que prennent les *Cladosporium* et dont il sera question plus loin.

MM. Bauke et Kohl sont d'accord sur ce point que dans les cultures issues d'une spore d'*Alternaria*, la forme *Alternaria* se reproduit sans variations. M. Mattirolo est moins exclusif, il convient que si des conditions sont défavorables, l'*Alternaria* peut produire des spores qui diminuent de volume et qui peuvent simuler un *Cladosporium* (4).

En examinant les variations d'aspect des cultures de l'*Alternaria* sur différents milieux, nous verrons quelle est leur importance et quelles conclusions on peut tirer de leur étude.

(1) *Fungi italici*, fig. 938 et 778.
(2) J'ai semé les spores de la plante de Desmazières; malheureusement la culture n'a rien donné.
(3) Tulasne a cru devoir comparer ceci à un *Exosporium*.
(4) Mattirolo : Malpighia, p. 376.

J'ai entrepris la culture du Champignon précédent sur un grand nombre de susbtances nutritives; ne voulant pas faire une énumération trop fastidieuse, je me contenterai d'exposer les caractères des individus obtenus sur trois milieux :

1° *Culture sur gélose et décoction de crottin.*

La plante se présente avec des caractères que l'on peut qualifier de normaux sur l'agar-agar additionné d'une décoction de crottin d'antilope (1). Le mycélium se développe à l'intérieur ou à la surface de ce milieu en restant incolore, de sorte que l'ensemble garde la translucidité primitive; le cryptogame s'étend rapidement sur toute la surface nutritive jusqu'aux parois des cristallisoirs de culture et fructifie d'une manière régulière en cercles plus sombres. Ces fructifications, assez peu serrées pour laisser passer la lumière qui a traversé l'agar-agar, forment de petites touffes de tiges courtes surmontées de très longs chapelets de grosses spores mûriformes, toutes cloisonnées dans deux directions jusqu'aux dernières de la file (pl. 23, fig. 1).

C'est surtout par l'extrême développement de la partie reproductive que se distinguent les individus précédents; les chapelets sont souvent ramifiés et comprennent huit et dix spores toutes semblables. On peut dire dès maintenant que le développement sporifère atteint ainsi son maximum. Nous verrons plus loin comment la partie non fertile s'accroît aux dépens de la partie reproductrice, dont l'importance relative va devenir de plus en plus faible.

A plusieurs reprises, j'ai obtenu dans un des vases de culture précédents un changement très frappant qui se manifestait lorsqu'en ajoutant en un point une goutte d'eau mélangée de glycérine, je couvrais cette goutte d'une lamelle de verre. Cette petite modification du milieu sur une surface très étroite du champ nutritif amène la formation d'un nombre si grand de

(1) Tous les semis sont faits à l'aide d'un fil de platine, flambé préalablement, sur des cristallisoirs de verre, à couvercle plan, à rainure usée à l'émeri à la partie inférieure et à ouverture latérale fermée par un tampon d'ouate. Le milieu a été préparé en faisant une décoction de crottin d'Antilope additionné de 8 à 10 p. 100 d'agar-agar; le tout chauffé à l'autoclave pendant trois quarts d'heure, filtré avec un blanc d'œuf et introduit dans les cristallisoirs (stérilisés préalablement à sec à 180° pendant deux heures) et chauffé cinq minutes à 115°.

nouvelles fructifications que l'agar-agar se couvre d'une multitude de petits points noirs comme s'il avait été saupoudré de charbon très fin. A la loupe, chaque grain noir apparaît sous l'aspect d'un fascicule élégant de longues ramifications fructifères. L'examen de la lamelle donne l'explication des changements précédents; sa partie centrale est restée incolore et les spores écrasées et privées d'air probablement n'ont pas germé; à partir d'une distance notable du bord, les spores ont germé et produit des tubes colorés qui forment un cadre noir autour de la partie centrale incolore, mais la cutinisation du mycélium n'existe que sous la lamelle; au delà, il reprend sa transparence.

Cette cutinisation du mycélium peut s'observer dans un grand nombre d'autres circonstances accompagnant des changements dans la fructification; dans le cas précédent, les caractères typiques des *Alternaria*, ramification en longs chapelets, division de toutes les spores, se maintenaient comme sur le milieu primitif.

2° *Culture sur jus d'orange.*

Dans une autre culture, sur du jus d'orange stérilisé, j'ai observé, au contraire, une variation très importante dans les caractères de la plante. Le 27 décembre dernier, peu de temps après le semis, les spores ont germé et rempli le liquide d'un mycélium incolore qui au mois d'avril est devenu légèrement gris verdâtre à sa surface. La dessiccation de la chambre de culture s'est produite assez rapidement et les fructifications peu nombreuses sont restées rudimentaires. Le plus souvent les chapelets sont remplacés par une spore formée de quatre à cinq cellules, mais les cloisons secondaires sont toutes parallèles entre elles (1). La tige fructifère qui se termine par cette spore se teinte très légèrement et se différencie à peine des autres filaments mycéliens sur le prolongement desquels elle se trouve.

La substitution d'une spore unique cloisonnée dans une seule direction à la place de longs chapelets de spores mûriformes est une des variations les plus importantes que j'aie pu observer.

(1) Les cellules de cette file unique se renflent un peu latéralement de façon à rappeler un chapelet de spores unicellulaires.

On comprend maintenant pourquoi j'affirmais précédemment que le *Mystrosporium pyriforme* de Desmazières devait être l'*Alternaria tenuis*. Cela est d'autant plus vraisemblable que les spores sont identiques et que Tulasne paraît avoir observé une transformation de l'un dans l'autre. J'ai obtenu enfin des modifications dans un autre sens vers les *Cladosporium* dont il me reste à parler.

3° *Culture sur gélose et bouillon.*

J'ai employé comme matière nutritive le bouillon de veau. Ce liquide étant légèrement acide, je l'ai partagé en deux lots, avant de le mélanger à l'agar-agar; le premier a été neutralisé, le second est resté intact. J'ai ainsi obtenu deux milieux sur lesquels l'*Alternaria* se comporte de manières différentes.

Deux jours après le début des cultures, j'observe déjà que le cercle mycélial est plus grand sur le milieu acide que sur le neutre; le mycélium a, en outre, une tendance à devenir plus aérien. Les jours suivants, les mêmes caractères se maintiennent dans les deux cas; l'*Alternaria* atteint bientôt les parois du cristallisoir contenant l'agar-agar acide, et ses filaments remplissent partiellement la cavité du vase; il forme, au contraire, un gazon très court au-dessus de la gélose neutre, et la plage restreinte sur laquelle il s'étend est limitée par un contour nettement circulaire.

Bien que les fructifications apparaissent un peu plus tardivement sur le milieu acide que sur la gélose neutre, leurs caractères sont à peu près les mêmes dans les deux cas. Elles se distinguent de celles qui ont été obtenues sur la gélose et le crottin par des chapelets beaucoup plus courts formés de trois à quatre spores parmi lesquelles les terminales sont souvent moins cloisonnées que les basilaires. On y observe donc en grande abondance des spores bicellulaires et même monocellulaires, mais elles présentent le plus souvent dans ce cas des caractères de jeunesse manifestés par leur faible coloration.

Des cultures successives obtenues en semant des spores sur le milieu neutre m'ont permis d'observer un passage à une forme présentant les caractères des *Cladosporium*. Dans les premières

cultures on remarque déjà une tendance à la dégénérescence de l'appareil reproducteur, surtout vers la périphérie. La spore inférieure d'un chapelet se renfle à peine, elle peut même fréquemment, bien que distincte, être prise pour un article supérieur du filament fructifère (pl. 23, fig. 11). On assiste donc, dans ce cas, à une régression nette d'une spore et à sa transformation en une partie infertile qui réduit d'autant le système reproducteur en accroissant la partie stérile. Une pareille transformation se rencontre constamment chez les *Cladosporium herbarum* et il est souvent difficile de trouver une limite précise entre les spores bien différenciées et les cellules supérieures caduques de la tige fructifère. La figure 33 (pl. 24) qui a été observée dans une touffe d'*Alternaria* développée spontanément sur un *Haliotis* présente une transformation analogue.

Les changements sont plus importants pendant les cultures suivantes, et à la quatrième génération sur le milieu neutralisé j'ai vu se former, au milieu du mycélium périphérique, des petites touffes végétatives bien isolées qui n'avaient pas encore fait leur apparition. Elles résultent du bourgeonnement des filaments immergés dans la gélose et de la production d'une sorte de tubercule jaune verdâtre pâle sur lequel se dressent des filaments légèrement teintés de vert, serrés en touffe. Ce dernier caractère, l'allongement des filaments, la nature et la situation des spores, mono ou bicellulaires (rarement pluricellulaires, mais alors avec toutes les cloisons parallèles), terminales ou subterminales, font penser tout de suite à un *Cladosporium* (fig. 5 et 19 à 23, pl. 23).

Enfin, sur un autre cristallisoir, ensemencé avec les spores profondément modifiées par la culture prolongée sur l'orange, j'ai obtenu au début les spores d'*Alternaria* qu'on observe d'ordinaire sur l'agar-agar et le bouillon, mais au bout de peu de jours, peut-être par suite d'une dessiccation prématurée, toute la périphérie de la culture se couvre d'un feutrage épais ne sortant pas du milieu nutritif. Ce feutrage est comparable aux tubercules isolés dont je viens de parler, mais ici ces masses bourgeonnantes sont localisése sur une seule circonférence et elles confluent

entre elles. En outre, les appareils fructifères dont elles sont couvertes sont bien plus différenciés et ne paraissent plus avoir de rapport avec l'*Alternaria;* leur ressemblance avec certaines formes de *Cladosporium* est, par contre, frappante (fig. 12 à 17). J'avais dejà observé très fréquemment une décroissance souvent très manifeste dans la taille des spores, mais cette dégradation n'était jamais complète ; ou bien les spores caractéristiques d'*Alternaria* étaient mêlées aux spores plus petites, ou bien ces dernières n'étaient pas à l'état de maturité. Ici, sur les filaments que j'ai représentés les spores du chapelet sont d'un vert brunâtre très intense, et très souvent, comme on peut s'en assurer sur les figures, elles sont unicellulaires et mesurent 6 à 8 sur 4 à 5 μ, dimensions très éloignees des dimensions moyennes des spores typiques d'*Alternaria*, qui sont de 30-50 μ sur 8-16μ. J'en ai même observé de plus grandes, qui pourraient être presque qualifiées de gigantesques, se développant sur un Mollusque (*Purpura*) et mesurant 63 μ sur 10 μ; elles étaient donc très étroites, mais excessivement longues, bien que cloisonnées dans deux directions rectangulaires. Une autre spore plus grande encore avait comme dimensions 70 × 21 μ; elle n'était cloisonnée que dans une direction et ses parois avaient une épaisseur de 4 μ, de sorte qu'elle ressemblait à une spore d'*Helminthosporium.* On voit combien les petites spores d'un brun verdâtre et bien différenciées obtenues par culture sur gélose et bouillon de veau s'éloignent de ces dernières.

Sur des milieux extrêmement variés (principalement: pomme de terre bouillie imbibée d'eau, de jus d'orange, d'acide picrique, etc.), qui m'ont servi à cultiver l'*Alternaria*, j'ai observé souvent une réduction très manifeste des spores qui devenaient bicellulaires et mesuraient souvent 16 à 8 μ, mais, en général, quand elles atteignent des dimensions moindres, elles restent incolores.

On peut se demander si de pareilles variations peuvent se produire spontanément dans la nature. J'ai pu, à plusieurs reprises, m'assurer qu'il en était ainsi. Cette nouvelle étude, en confirmant ces premiers résultats, fera faire un nouveau pas à la

question de la relation de l'*Alternaria* et du *Cladosporium*.

4° *Variations produites spontanément.*

J'ai rencontré ces deux dernières formes sur un milieu très spécial où elles se développaient seules; ce milieu était formé d'acide picrique dans lequel on avait conservé pendant un certain temps des Mollusques (*Haliotis*, *Purpura*, etc.), qui avaient été retirés ultérieurement de ce liquide.

Le *Cladosporium* formait à la surface des touffes denses, surélevées et d'un vert sombre ; des plages incolores, étalées et disposées en une sorte d'auréole autour des mamelons précédents contenaient des fructifications d'*Alternaria* en très grande abondance qui se développaient là superficiellement comme à l'ordinaire ; ses spores étaient plus courtes et plus renflées que de coutume, comme on peut le voir à l'extrémité du chapelet représenté sur la figure 8 (pl. 23). Cette figure indique qu'il s'est produit un changement dans l'évolution de l'*Alternaria*, car il semble qu'après avoir donné pendant un certain temps des spores ordinaires, il s'est formé des spores beaucoup plus petites bi et monocellulaires. C'est donc une variation très analogue à celle que j'ai pu obtenir expérimentalement.

Lorsqu'on suit le développement, on voit, avant tout verdissement, le liquide nourricier se recouvrir d'un feutrage assez serré de filaments très minces. Vers la périphérie, se différencient des formes *Alternaria* imparfaites, telles que celles qui sont représentées par les figures 2 et 3 (pl. 23), et en relation avec celles des tubercules (fig. 7) sur lesquels bourgeonnent bientôt des ébauches de *Cladosporium* (fig. 4 et 6). A ce stade, on a donc au centre une partie infertile, vers la phériphérie des tubercules qui produisent deux sortes de filaments, les uns dressés donnant naissance au *Cladosporium* et les autres couchés, qui engendrent vers l'extrémité des *Alternaria*. Cette différenciation en deux sortes de filaments se maintient plus tard, on voit alors de longs filaments couchés et noirâtres sur lesquels se dressent de courts rameaux presque perpendiculaires qui portent des spores d'*Alternaria* ; pendant ce temps les tubercules se multiplient beaucoup et toute la partie centrale de la culture se hérisse de *Cladospo-*

rium ; et alors c'est seulement à la périphérie de cette masse que l'on peut de nouveau trouver des stades transitionnels analogues aux précédents (fig. 9); on peut alors voir naître du tubercule des tiges dressées très longues, bosselées vers les extrémités, qui sont tout à fait semblables aux tiges de la masse fructifère centrale du *Cladosporium*.

C'est donc en étudiant la partie périphérique d'une culture jeune ou la périphérie du *Cladosporium* dans une culture âgée que l'on peut rencontrer tous les passages entre l'*Alternaria* et le *Cladosporium*.

J'ai pu d'abord assister à toutes les phases de la régression de l'*Alternaria* (fig. 2, 3 et 9, pl. 23) ; la longueur des spores diminue, elles deviennent plus étroites, puis ne se cloisonnent plus qu'une fois, et cette dernière cloison finit par manquer ; puis l'individualité des spores inférieures devient de moins en moins nette et pendant ce temps la tige fructifère grandit et se ramifie.

C'est à ce moment qu'on peut voir naître sur le mycélium des bourgeonnements qui se multiplient en un point de façon à constituer un tubercule (fig. 7, pl. 23). Ce tubercule grossit et il en naît un certain nombre de filaments dressés d'abord incolores, puis colorés avec l'extrémité où se différencient de petites spores mono ou bicellulaires (fig. 4 et 6, pl. 23). Les filaments fructifères continuant à croître un peu, il est impossible de ne pas être frappé de leur ressemblance avec les touffes voisines de *Cladosporium herbarum ;* on peut même dire, si l'on n'avait pas suivi toutes les phases de la transformation, qu'il paraîtrait beaucoup plus rationnel de rapprocher cette forme du *Cladosporium* que de l'*Alternaria*.

Le milieu ainsi constitué permet donc d'observer des variations plus grandes, mais tout à fait analogues à celles que j'ai pu produire artificiellemeent. J'ai obtenu expérimentalement des tubercules et des touffes fructifères semblables aux précédentes, mais le semis des spores d'abord m'a redonné un *Alternaria ;* ce dernier, il est vrai, a reproduit au bout de très peu de temps le feutrage périphérique, le mycélium bourgeonnant et les petites spores premières. Peut-être, à l'aide d'une longue série de cul-

tures arriverait-on à hâter de plus en plus l'apparition de la forme à petites spores et peut-être même à la fixer. En tous cas, la forme *Cladosporium* développée sur l'acide picrique, bien qu'ayant quelques caractères spéciaux sur lesquels je reviendrai tout à l'heure, mérite bien ce nom, car, semée sur la gélose nutritive, elle produit des appareils fructifères représentés figure 40 (pl. 24) sur la nature desquels il n'y a pas à hésiter.

Pour bien comprendre la portée de cette dernière affirmation, il est nécessaire de cultiver un *Cladosporium* bien reconnaissable et de rechercher quelles métamorphoses il peut subir.

(*A suivre.*)

LES NOUVEAUX PROCÉDÉS
DE GRAVURE PHOTOGRAPHIQUE

Par M. Léon DUFOUR

(Pl. 15 et 16.)

On s'occupe beaucoup depuis plusieurs années d'appliquer la photographie à la reproduction des préparations de botanique, coupes, champignons, bactéries, etc. On conçoit facilement les avantages de cette reproduction. L'exactitude est complète : rien n'est exagéré, rien n'est atténué : une copie d'un manuscrit antique ne saura être considérée comme ayant la même valeur, la même authenticité que l'original ; il en est de même d'un dessin comparé à une photographie.

Aussi une reproduction photographique a une portée scientifique bien plus grande qu'un simple dessin. Ce dernier, fait en vue d'un travail spécial, montre surtout les détails qui se rapportent aux recherches de l'auteur qui parfois, même à son insu, les a fait trop ressortir. Quant au reste, ne l'étudiant pas, il le laisse dans l'ombre et son dessin ne peut servir qu'à l'objet même pour lequel il a été exécuté. Il en est tout autrement pour une photographie. La plaque sensible ne fait pas de choix et reproduit tout. De sorte qu'elle fournit une série de renseignements, de nature parfois très variée, que toute autre méthode de reproduction de la préparation aurait laissé perdre. L'auteur du premier travail trouvera dans cette photographie ce qu'il cherche, mais plus tard une autre personne s'occupant d'un tout autre sujet pourra puiser des renseignements dans l'examen de cette photographie, renseignements qui ont d'autant plus de valeur

que ce n'est pas pour les trouver que le cliché a été fait. Une photographie est donc un document au premier chef.

Nous n'entrerons pas dans les détails relatifs à l'exécution d'un bon cliché microphotographique. Ils ont été exposés récemment dans un autre recueil (1). Nous ferons une seule remarque. Elle est relative à la mise au point : dans les objectifs ordinaires le foyer des rayons photogéniques ne coïncide jamais avec le foyer des rayons lumineux les plus intenses ; si donc on met au point pour ces rayons, et l'on ne peut le faire pour les autres, puisque c'est l'œil qui apprécie, on ne peut être assuré que la mise au point véritable n'est pas réalisée ; d'où un certain flou dans l'image. Pour parer à cet inconvénient il est indispensable d'employer des *objectifs apochromatiques*, ou, si l'on n'en possède pas, d'*interposer sur le trajet des rayons lumineux une solution ne laissant passer qu'une lumière monochromatique*. On peut employer le sulfate de cuivre, la liqueur de Fehling, le chromate de cuivre.

Le cliché obtenu sur verre, il faut pouvoir le reproduire dans un texte, ou en planches séparées. On en fait une reproduction sur parchemin gélatiné. Le parchemin employé est plongé de huit à dix minutes dans un bain ainsi constitué : *eau* 1 litre ; *bichromate de potasse* 30 grammes ; *ammoniaque* 8 à 10 gouttes. Cette opération se fait à la lumière, la lumière n'ayant pas d'action tant que le parchemin est mouillé. Au sortir du bain on l'étend sur une *glace* parfaitement *talquée*, le côté gélatiné du côté de la glace ; on a soin qu'aucune bulle d'air ne reste interposée, et on le fait *sécher* à l'obscurité ou dans un endroit éclairé exclusivement par de la lumière rouge. Le séchage dure généralement de douze à quatorze heures. Si on ne peut l'impressionner de suite on peut le conserver enroulé, et à l'abri de la lumière cinq à six jours en été, un peu plus en hiver. Si on l'a gardé trop longtemps le bichromate a insensibilisé la gélatine et l'opération est manquée.

(1) *Applications de la photographie microscopique à l'étude d'histologie végétale*, par M. Colomb. (*Le Naturaliste*, n° du 1er mai 1889.)

On place alors ce parchemin dans un châssis-presse sous un cliché et l'on *expose* à la lumière comme pour un papier albuminé. Suivant l'intensité de la lumière, le temps de pose est très variable, plusieurs heures parfois si la lumière est très faible. Quelques minutes suffiraient au soleil mais la lumière diffuse est toujours préférable. On n'arrête la pose que quand les moindres détails de l'image sont parfaitement nets. Ce résultat obtenu, on retire le parchemin du châssis-presse puis on l'y remet de nouveau *à l'envers* et on l'expose ainsi une dizaine de minutes à la lumière.

Définitivement retiré du châssis, le parchemin est soumis à un *lavage* complet dans de l'eau fréquemment renouvelée ou mieux une eau courante, pendant deux ou trois heures. Ce n'est fini que quand la teinte jaune du bichromate de potasse a complètetement disparu quand on regarde par transparence.

De l'image obtenue on peut tirer directement des épreuves sur papier.

Dans ce but, au moyen d'une encre d'imprimerie spéciale, mélangée à un vernis en proportions variées suivant les dessins que l'on doit reproduire et les oppositions que l'on cherche à obtenir, on encre le parchemin. La lumière a durci la gélatine dans les endroits où elle a pénétré; dans ces parties la gélatine prendra l'encre et donnera donc les noirs de l'épreuve. Les blancs correspondront aux régions où la gélatine non modifiée se gonflera par l'eau et ne prendra pas l'encre. *Pendant l'opération de l'encrage le parchemin devra donc être toujours humide;* Aussi, au début, on le fait tremper dans l'eau une vingtaine de minutes, on l'éponge légèrement, on le fixe sur le châssis tendeur, puis on le recouvre pendant une demi-heure d'un *bain mouilleur*. Ce bain est constitué de la façon suivante : *Eau*, 300 grammes; *glycérine*, 700 grammes; *ammoniaque*, 20 centigrammes; *nitrate de potasse*, 15 grammes. La demi-heure passée, on éponge avec un tampon bien fin, en *tamponnant sans frotter*.

Le parchemin conserve une humidité suffisante, et l'on procède à l'encrage. L'encrage terminé il suffit de placer dessus une feuille de papier et de mettre à la presse. On obtient une repro-

duction très nette; l'on peut tirer un grand nombre d'épreuves.

On arrive également à d'excellents résultats en reportant directement sur pierre le cliché obtenu sur le parchemin bichromaté.

Enfin, l'on peut avoir sur cuivre un cliché typographique, susceptible d'être tiré dans un texte. Une plaque de cuivre est recouverte de gélatine bichromatée; sur cette plaque on place le cliché photographique qu'il s'agit de reproduire et l'on expose à la lumière. Quant la durée de l'insolation a été suffisante, et cette durée est très variable suivant l'état du ciel, l'on dépose sur la plaque un *grain de résine*, puis on la plonge dans un bain de *perchlorure de fer.* Dans les parties où ne se sera pas fixé le grain de résine, la plaque de cuivre est attaquée et quand le creux est suffisant, on arrête l'opération. Cette plaque alors, traitée comme des caractères typographiques, permet d'obtenir des reproductions dans le texte du cliché photographique primitif.

Les figures des planches ont été obtenues de cette façon. La reproduction a été faite par la maison Ch. G. Petit qui obtient, par ce procédé, des résultats extrêmement remarquables.

Tels sont les principaux procédés employés pour la reproduction des préparations micrographiques. Chacun d'eux, mais surtout le dernier, donne des résultats excellents, et leur emploi est destiné à s'étendre chaque jour davantage et à rendre de plus en plus de services à la Botanique technique.

EXPLICATION DES PLANCHES.

(Photogravures sur cuivre, tirées en typographie.)

Planche 15.

Coupe transversale du pétiole de l'*Osmunda regalis.* (Préparation de M. G. Colomb, photographe du laboratoire de la Sorbonne; photogravure de Ch. G. Petit; tirage de J. Crété.)

Planche 16.

Coupe longitudinale du pétiole de *Pteris aquilina* (mêmes indications que pour la planche 15).

RECHERCHES

SUR

LES TUBERCULES

Par M. A. SEIGNETTE

(*Suite.*)

---

3. *Oxalis crenata.* — 1° *Morphologie externe.* — Le rhizome d'*Oxalis crenata* émet des rameaux souterrains qui, d'abord horizontaux et grêles, prennent une direction presque verticale et se

Fig. 59. — Un tubercule d'*Oxalis crenata* se développant au printemps ; *t*, tige grêle dirigée de haut en bas et se terminant par un tubercule ; *b*, bourgeon qui se développe en se recourbant par le haut.

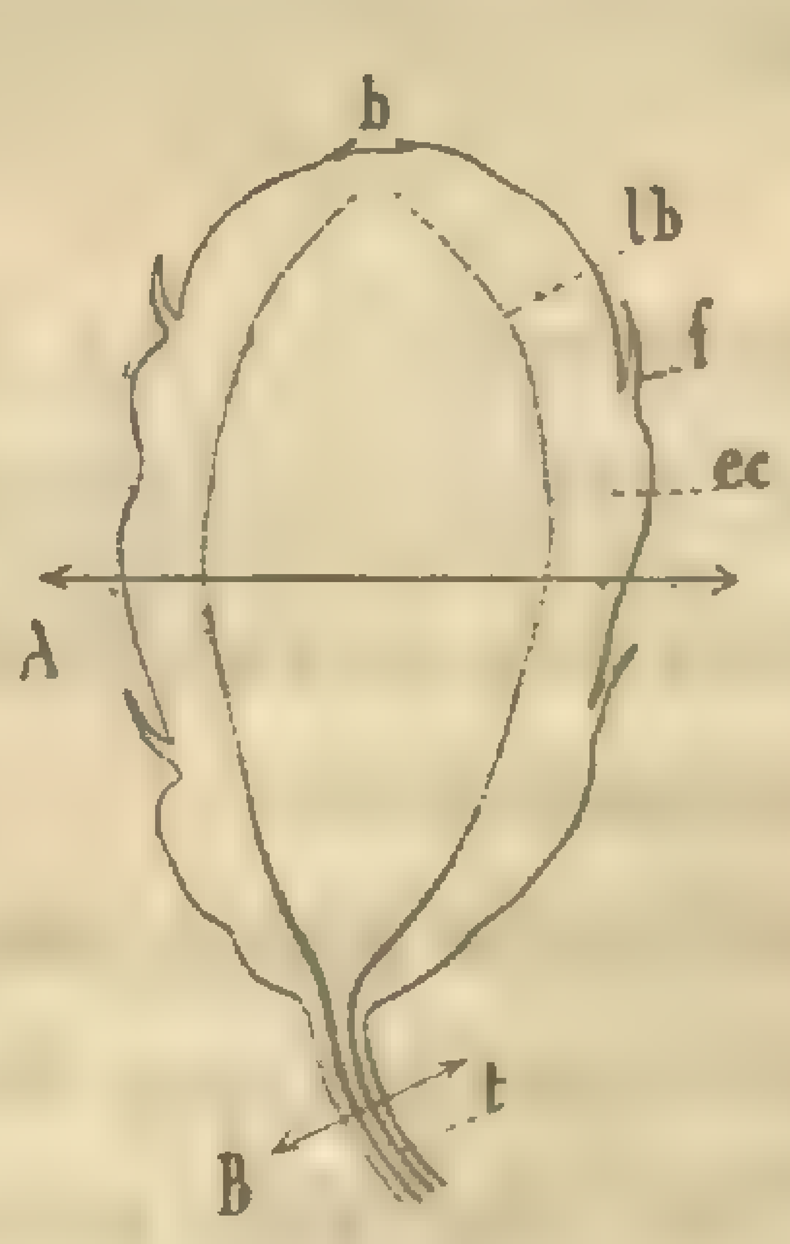


Fig. 60. — Coupe longitudinale d'un tubercule d'*Oxalis crenata*, placé à l'inverse de sa position naturelle ; *t*, tige grêle ; *f*, écaille ; *b*, bourgeon terminal ; *lb*, faisceaux libéro-ligneux entourant la moelle ; *ec*, écorce. B et A, direction des coupes qui représentent 61, 62 et 63.

renflent considérablement à l'extrémité (fig. 59); les entre-nœuds de la tige grêle *t* qui s'enfonce sont très longs; au contraire, ceux de la tige qui forment le tubercule sont très courts. A l'aisselle des écailles triangulaires membraneuses qui repré-

sentent les feuilles naissent de gros bourgeons qui, généralement, ne se développent pas.

Au printemps, le tubercule, dont la croissance s'était arrêtée pendant plusieurs mois, donne naissance à son extrémité à une tige ascendante mince (*b*, fig. 59) qui, en arrivant à la surface du sol, va produire une tige feuillée : cette tige est, comme on le voit, la continuation directe du tubercule ; elle se dirige nettement de bas en haut; il en est de même des tiges, assez rares d'ailleurs, qui proviennent des bourgeons latéraux. C'est donc bien la même tige qui s'est enfoncée dans le sol pendant qu'elle accumulait des substances nutritives, qui s'est arrêtée pendant un certain temps, correspondant à la période de la plus grande agglomération des réserves, puis qui est redevenue ascendante pendant la période d'absorption de ces réserves.

Quand la tige grêle ascendante est arrivée à la surface du sol, elle donne à l'aisselle des écailles souterraines des bourgeons qui se développent en rameaux souterrains, se tuberculisent, et ainsi de suite.

2° *Anatomie.* — La coupe de la tige souterraine grêle en B (fig. 60), avant sa tubérification, présente (B, fig. 62 et B', fig. 63) la disposition normale des tiges, avec quelques traces de formations secondaires.

L'épiderme est mince, formé d'une rangée de cellules beaucoup plus petites que les cellules sous-jacentes de l'écorce. L'écorce (*ec*, fig. 63) présente une épaisseur d'une vingtaine de cellules de dimensions très différentes les unes des autres; le cylindre central est presque toujours ovale; il renferme à l'intérieur du péricycle à cellules très petites, une dizaine de faisceaux libéro-ligneux (*lb*, fig. 63) dont le bois est lignifié; la moelle *m* a un diamètre à peu près égal à l'épaisseur de l'écorce.

La coupe transversale du tubercule en A (fig. 61) montre un très grand développement de la moelle *m*; le diamètre de la moelle est égal à environ quatre fois l'épaisseur de l'écorce. L'épiderme conserve la même disposition que dans la coupe B; les faisceaux libéro-ligneux (*lb*, fig. 61) s'écartent généralement

les uns des autres sans se diviser ni se confondre ; l'endoderme devient indistinct et les cellules du péricycle prennent absolument le même aspect que celles de la moelle et de l'écorce ; il est impossible de les en distinguer. Les vaisseaux du bois sont sensiblement plus étroits dans le tubercule que dans la tige non tubérifiée ; de plus ils ne sont plus lignifiés ; le nombre des vaisseaux du bois diminue ; dans certains faisceaux libéro-ligneux on n'en trouve plus qu'un seul.

La coupe longitudinale du tubercule (fig. 60) montre les dis-

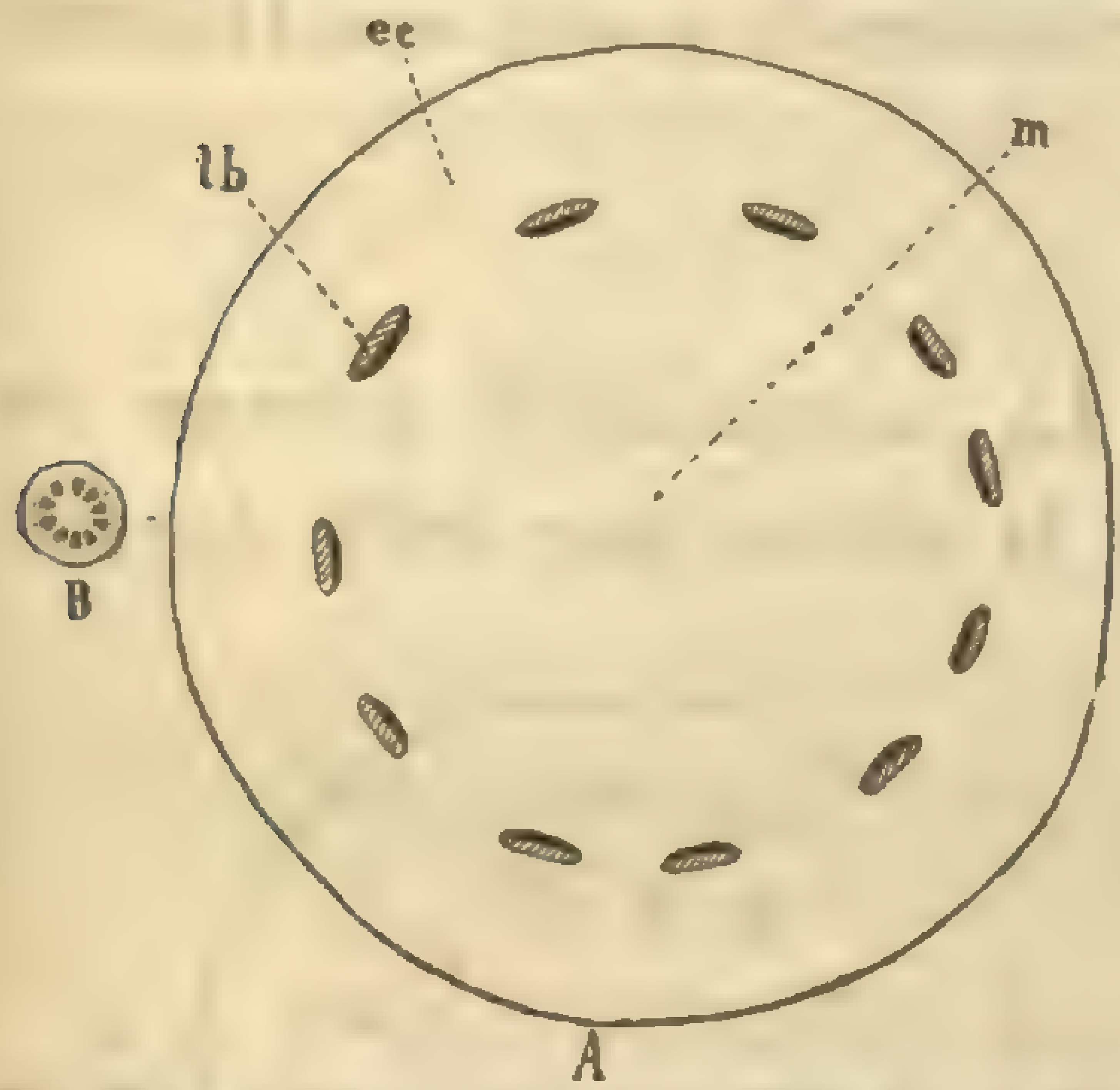


Fig. 61 et 62. — B, coupe de la partie grêle de la tige souterraine d'*Oxalis crenata* (voir B', fig. 63) ; A, coupe de la partie renflée : *m*, moelle ; *lb*, l'un des faisceaux libéro-ligneux ; *ec*, écorce.

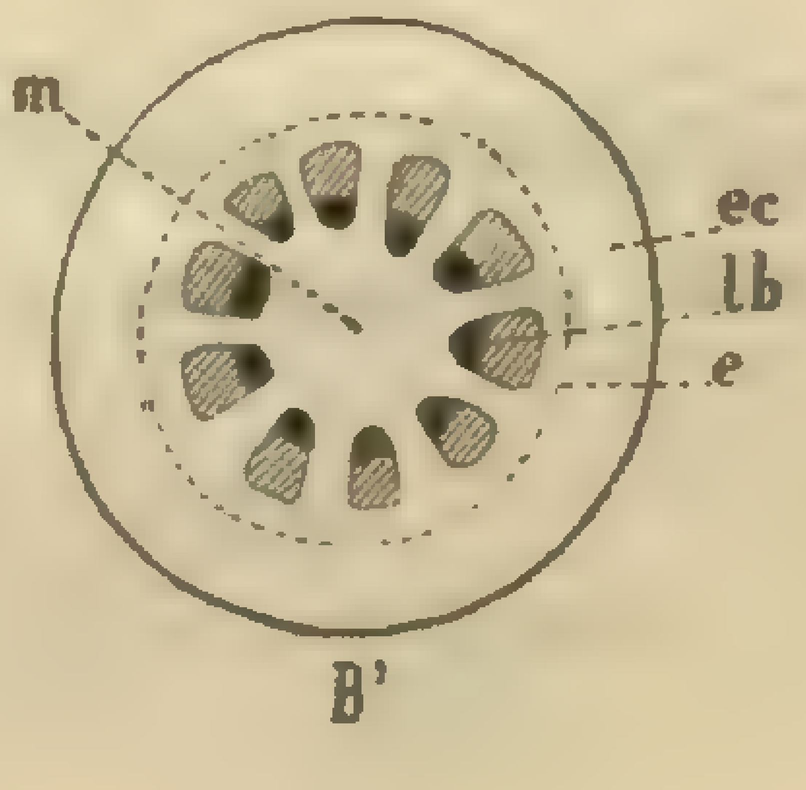


Fig. 63. — Coupe B plus grossie : *m*, moelle ; *lb*, l'un des faisceaux libéro-ligneux ; *e*, endoderme ; *ec*, écorce.

positions que je viens d'indiquer, ainsi que les proportions relatives des parties de la tige tubérifiée.

En résumé, dans l'*Oxalis crenata*, la tubérification est produite par le développement des tissus primaires de l'écorce, du péricycle et de la moelle.

Les réserves accumulées dans le tubercule s'y trouvent sous forme d'amidon, de glucoses et d'une quantité relativement faible de saccharoses. J'ai trouvé les saccharoses en quantité relativement plus grande dans le tubercule à l'état de vie ralentie que dans le tubercule à l'état de vie manifestée, soit au moment de sa formation, soit au moment de sa destruction.

4. *Begonia*. — La morphologie des Bégonias tubéreux vient

d'être faite par M. Henry Duchartre, qui a suivi le développement de leur tubercule (1).

D'abord piriforme, ce tubercule devient plus ou moins régulièrement sphérique, puis se transforme progressivement en un disque épais, concave en haut, convexe en bas.

Comme dans les tubercules précédents, c'est presque uniquement dans la moelle et dans l'écorce que les réserves s'accumulent ; les faisceaux libéro-ligneux, peu développés et presque sans formations secondaires, sont disposés suivant une circonférence.

Les réserves accumulées dans le tubercule y sont sous la forme d'amidon et de sucres.

5. *Cyclamen europæum.* — La morphologie externe du *Cyclamen europæum* est presque la même que celle des Bégonias tubéreux ; la formation et le développement des tubercules sont presque identiques dans ces deux genres.

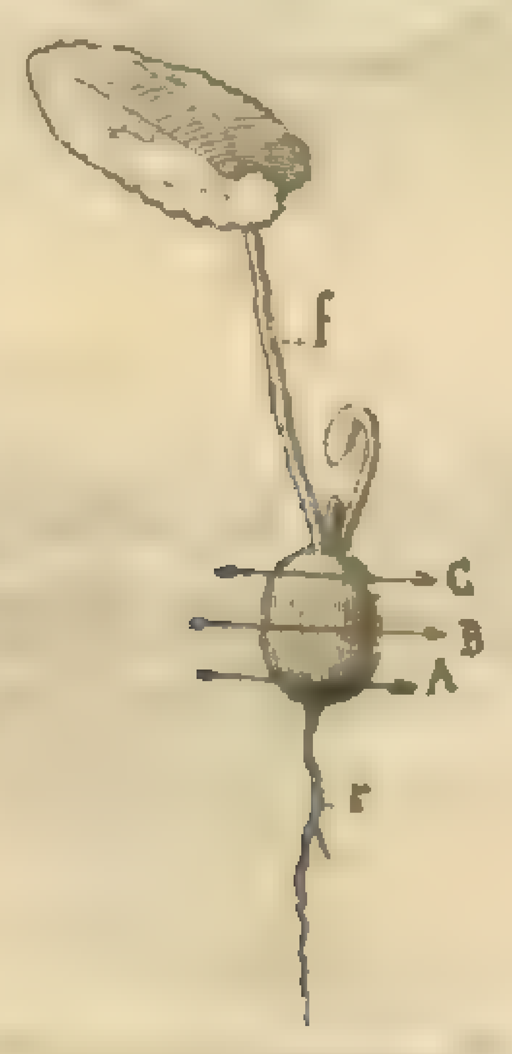


Fig. 64. — Jeune plante de *Cyclamen europæum*, issue de germination : *f*, première feuille; *r*, racine principale. — A, B, C, direction des coupes à travers le tubercule.

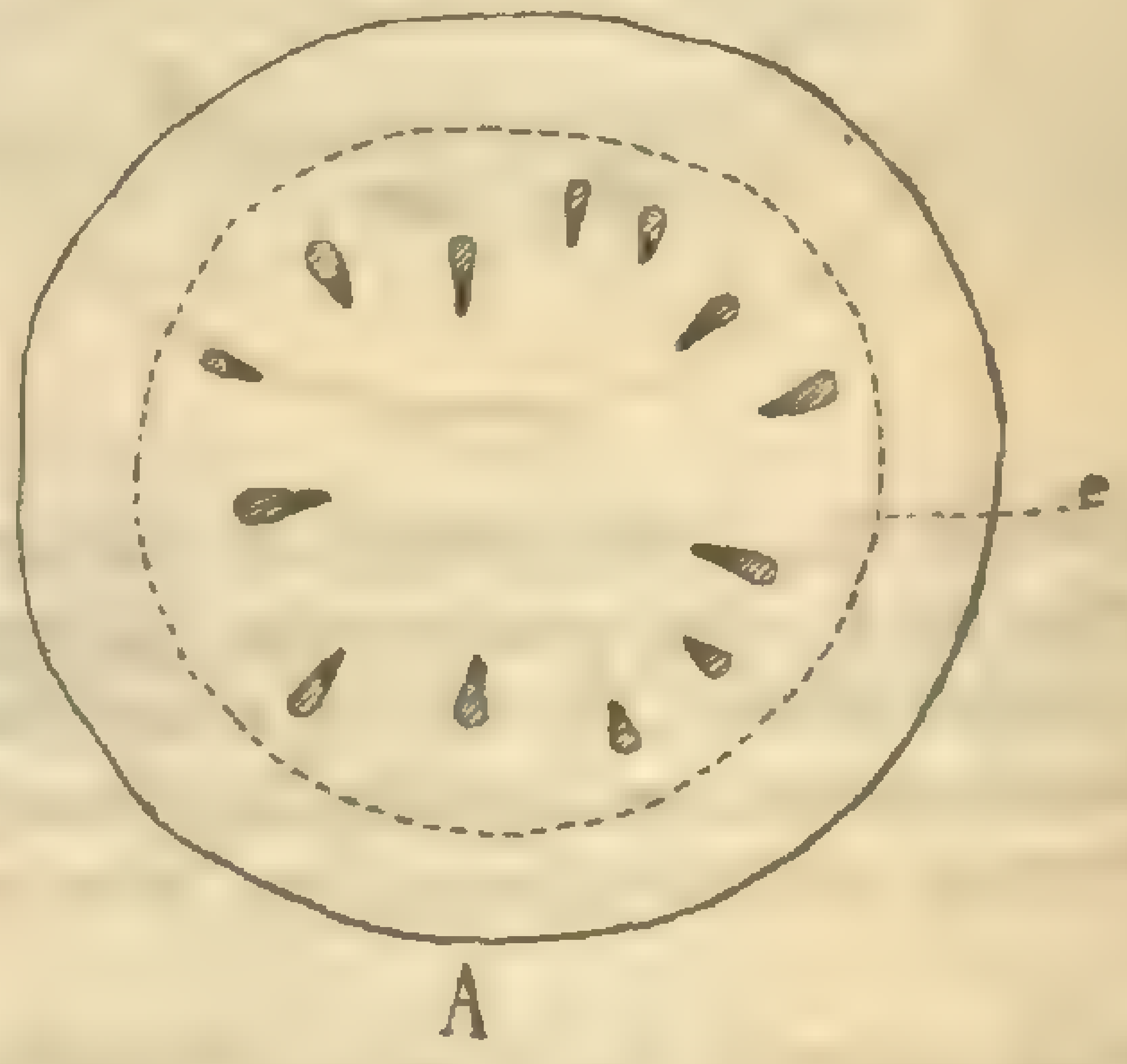


Fig. 65. — Coupe transversale vers la base du jeune tubercule de *Cyclamen europæum* (en A, fig. 64) : *e*, endoderme, séparant l'écorce du cylindre central qui est relativement très développé et à nombreux faisceaux libéro-ligneux.

Les tubercules sont aussi formés par la tige, et le premier renflement est constitué presque exclusivement par l'axe hypocotylé qui forme une petite boule (fig. 64) au-dessus de laquelle se forment les premières feuilles.

(1) Henry Duchartre, *Observations sur le sous-genre Lemoinea* (*Bégonias tubéreux proprement dits*), Paris, 1889.

Je vais décrire rapidement la structure assez particulière de ce tubercule. Une coupe en long fait voir que l'écorce est plus développée dans la partie supérieure du tubercule que dans la partie inférieure : le cylindre central, très étroit dans la racine principale, s'élargit brusquement à la base du tubercule et devient ensuite peu à peu de plus en plus étroit.

C'est ce que montre la comparaison des coupes A, B, C.

La coupe A, faite au-dessus de la base du tubercule (fig. 65), fait voir le cylindre central très développé, les faisceaux libéro-

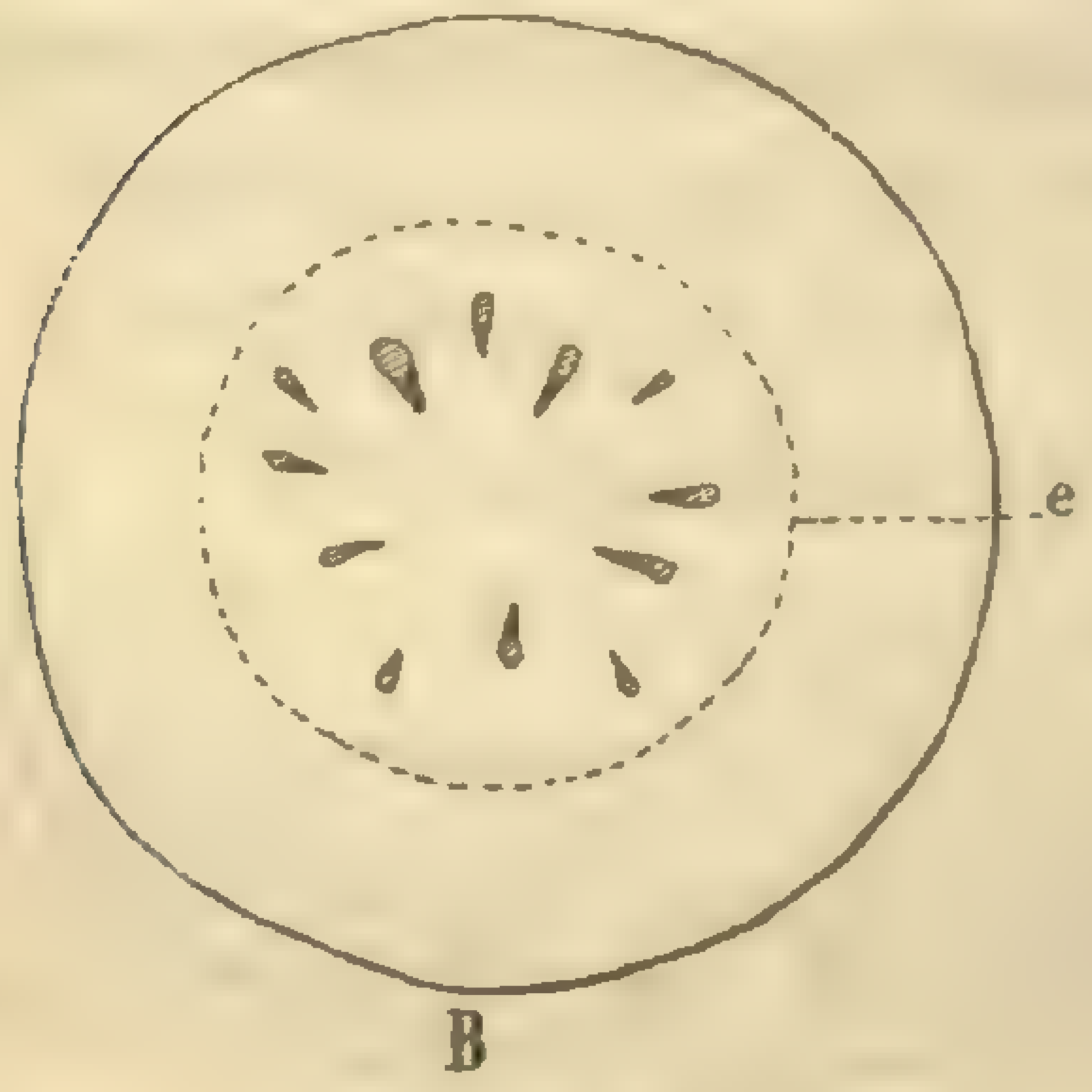


Fig. 66. — Coupe transversale vers le milieu du jeune tubercule de *Cyclamen europæum* (en B, fig. 64) : *e*, enderme.

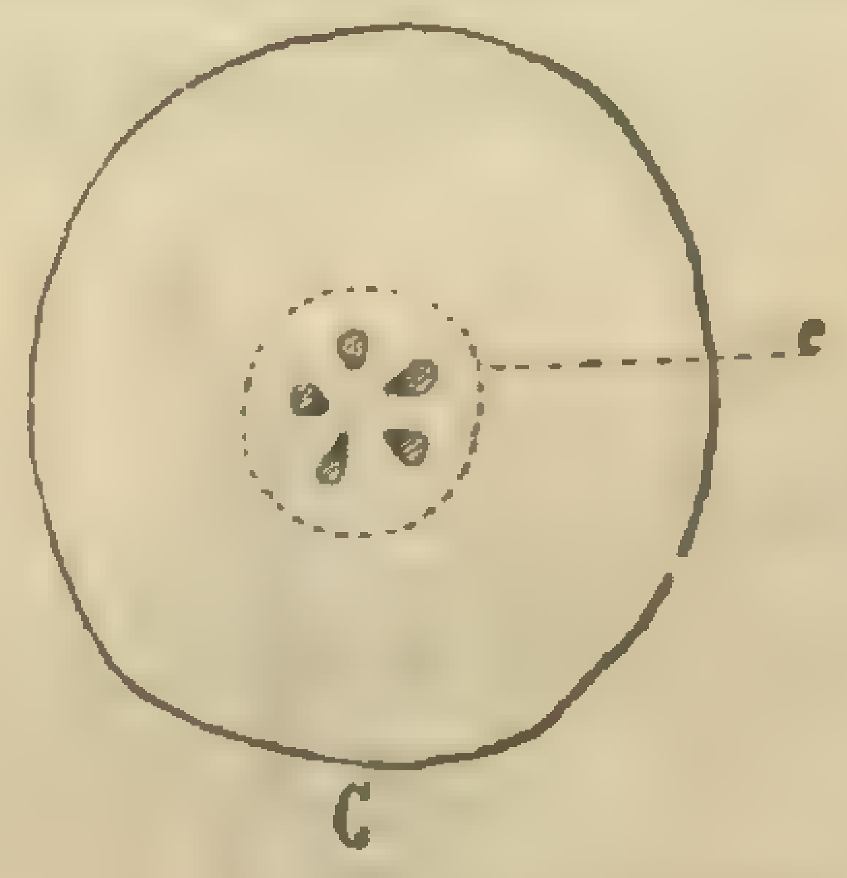


Fig. 67. — Coupe transversale vers le sommet du jeune tubercule de *Cyclamen europæum* (en C, fig. 64) : *e*, endoderme, séparant l'écorce très développée du cylindre central à cinq faisceaux libéro-ligneux.

ligneux inégaux et assez irrégulièrement disposés ; la moelle y est considérable.

La coupe B, pratiquée vers le milieu du tubercule (fig. 66), montre le cylindre plus petit et la moelle relativement réduite ; les faisceaux y sont encore assez irrégulièrement disposés.

Enfin la coupe C, faite non loin du sommet (fig. 67), montre un cylindre central très réduit, ayant habituellement cinq faisceaux libéro-ligneux disposés sur une seule circonférence ; la moelle est presque nulle, l'endoderme est toujours très net, et les formations secondaires des faisceaux existent à peine.

On voit donc que chez ce tubercule de *Cyclamen* les réserves sont accumulées : à la base, surtout dans la moelle, et, au sommet, surtout dans l'écorce.

6. *Polygonum viviparum.* — 1° *Morphologie externe.* — Le *Polygonum viviparum* (fig. 68) est une espèce alpine qui se perpétue par son rhizome : ce rhizome est tubérifié et renflé en articles successifs comme celui du *Polygonatum vulgare;* il se développe toujours du même côté et horizontalement ; son avant-dernier article donne la tige de l'année, recourbée en arrière à la base ; le dernier article se termine par un bourgeon qui produira la tige aérienne de l'année suivante.

Ce rhizome est presque superficiel, il est recouvert d'un grand nombre de fines racines adventives qui l'entourent comme d'un feutrage; il peut se produire des ramifications latérales moins nombreuses et moins allongées que celles du *Polygonatum Bistorta.*

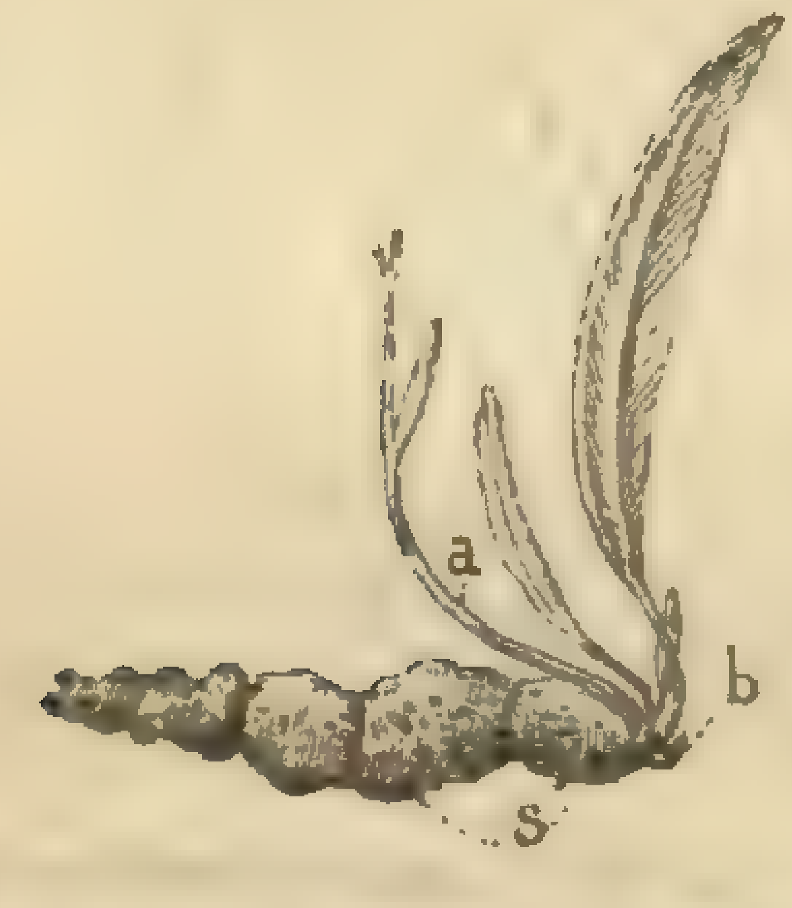


Fig. 68. — *Polygonum viviparum :* *a*, base de la tige aérienne ; *s*, tige souterraine ; *b*, bourgeon qui donnera l'article suivant de la tige souterraine.

Fig. 69. — Coupe transversale de la tige souterraine du *Polygonum viviparum ; s*, faisceaux libéro-ligneux supérieurs ; *i*, faisceaux libéro-ligneux inférieurs.

2° *Anatomie.* — Une coupe transversale de ce rhizome (fig. 69) fait voir dans cette tige une structure nettement bilatérale et symétrique par rapport à un seul plan.

Les faisceaux libéro-ligneux, à formations secondaires très peu développées, sont, dans les tubercules de dimension moyenne, au nombre d'une vingtaine environ ; ils sont disposés sur une seule ligne fermée. En général, les faisceaux inférieurs *i* sont beaucoup plus grands que les faisceaux supérieurs, *s*.

C'est dans l'écorce et surtout dans la moelle, constituées par un parenchyme irrégulièrement lacuneux, que sont accumulées

les réserves nutritives; celles-ci se composent d'amidon et de sucres (glucoses et saccharoses) en quantité à peu près égales.

7. *Menyantes trifoliata.* — Dans cette plante, le rhizome renflé forme un sympode se terminant chaque année par une tige aérienne fleurie; un bourgeon latéral souterrain continue le rhizome.

La structure du rhizome du *Menyanthes trifoliata* (Pl. 20, fig. 3) est très singulière; elle rappelle au premier abord la structure classique qu'on observe chez certaines Monocotylédones aquatiques telles que l'*Acorus calamus.*

Le cylindre central est peu considérable et renferme des faisceaux entourés d'un parenchyme sclérifié qui ressemblent absolument à ceux des Monocotylédones. L'écorce, qui est très développée, et la moelle sont formées d'un curieux réseau de cellules en chapelet, laissant entre elles des lacunes aérifères qui communiquent toutes les unes avec les autres. On retrouve d'ailleurs une structure analogue dans la racine (Pl. 19, fig. 2) où la moelle est réduite, et où l'endoderme présente des cellules épaissies en fer à cheval, comme on l'observe dans l'*Acorus calamus.* On n'observe de formations secondaires développées, ni dans le rhizome ni dans la racine.

C'est donc surtout dans les cellules en chapelet de l'écorce et de la moelle que s'accumulent les réserves nutritives.

2° — *Monocotylédones.*

On vient de voir quelle est la structure d'un certain nombre de tubercules de Dicotylédones où les formations secondaires de la tige sont à peine indiquées. Je vais maintenant décrire plusieurs tubercules caulinaires de Monocotylédones chez lesquels il n'y a, comme on sait, aucune formation secondaire intralibérienne et où les formations secondaires péricycliques sont peu développées, ou même ne le sont pas du tout.

8. *Cyperus esculentus.* — 1° *Morphologie externe.* — Le *Cyperus esculentus* se propage et se multiplie à l'aide de tubercules constitués par un certain nombre d'entre-nœuds de la tige rapprochés.

Le tubercule a une forme ovoïde; il est légèrement renflé à sa partie terminale où se trouve un bourgeon; sa surface est rugueuse; de nombreuses racines adventives très minces émergent de cette surface.

Le tubercule (*tb*, fig. 71) est rattaché à la plante mère par un

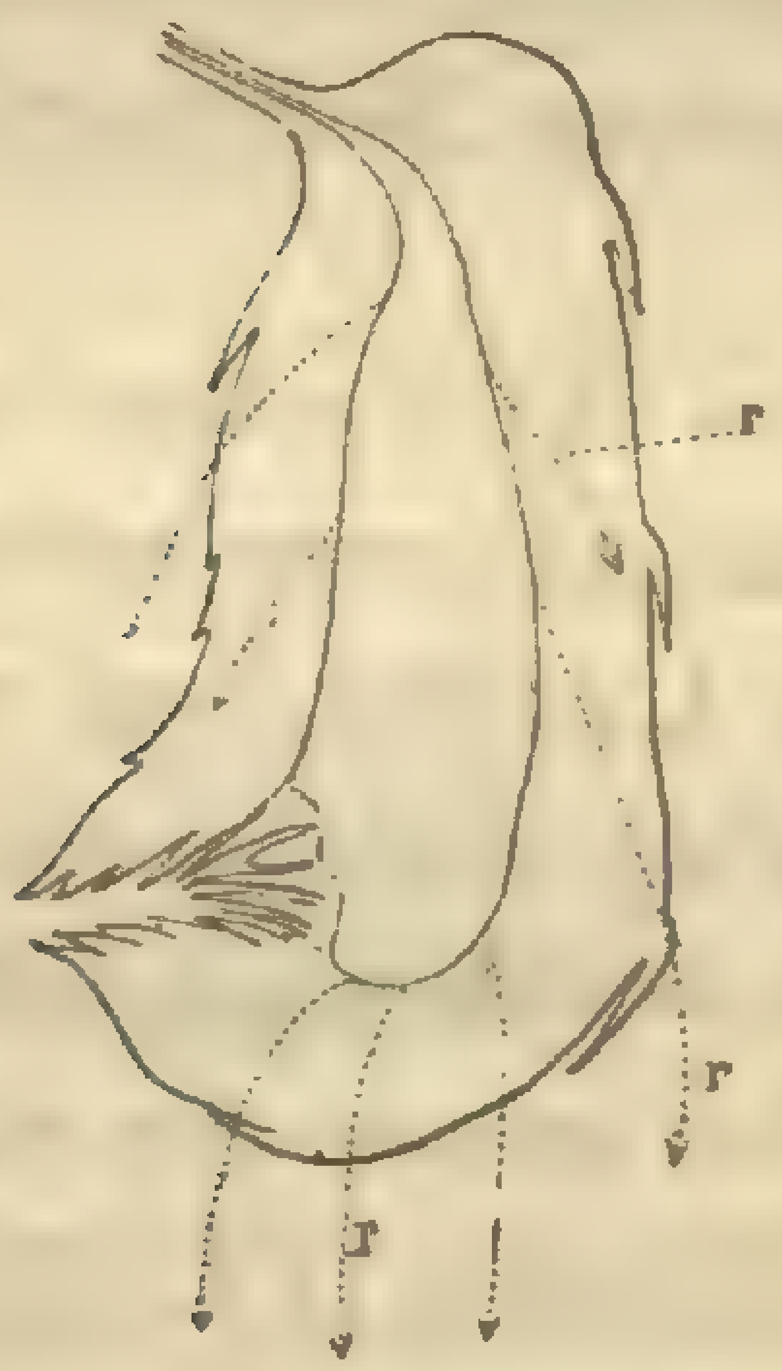


Fig. 70. — Coupe longitudinale d'un tubercule de *Cyperus esculentus*, montrant la direction des racines *r,r,r*, issues du réseau radicifère.

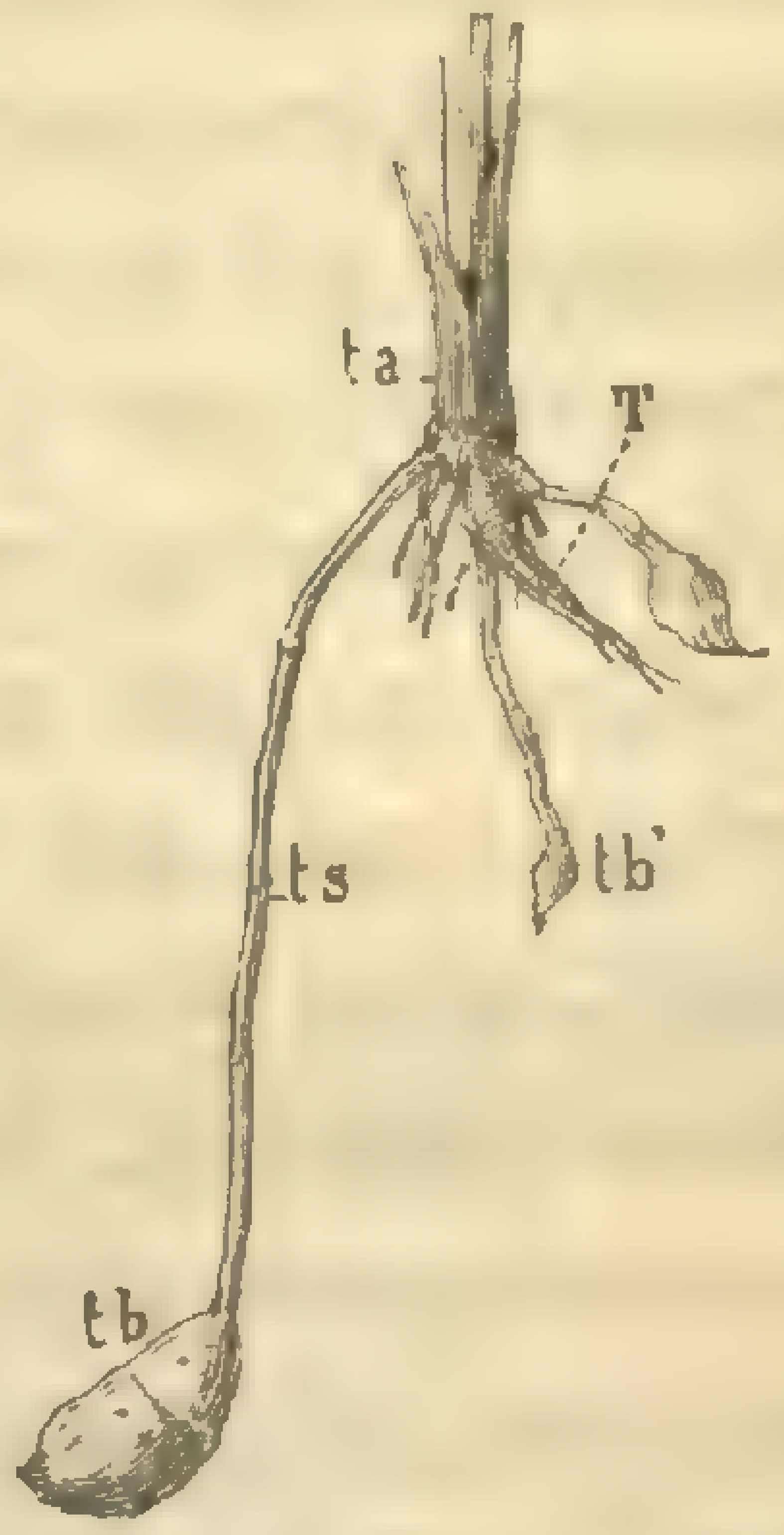


Fig. 71. — Développement, à la fin du printemps, de tubercules de *Cyperus esculentus* : T, tige issue du tubercule initial se continuant par la tige aérienne; *ta*, *ts*, une des branches souterraines se dirigeant de haut en bas et se terminant par un jeune tubercule; *tb*, *tb'*, tubercule plus jeune.

rhizome mince (*ts*, fig. 71) et à longs entre-nœuds; on le trouve ordinairement dans une situation verticale, le bourgeon en bas; mais on voit, en coupant le tubercule par le milieu dans le sens de la longueur, que le bourgeon est en réalité horizontal (fig. 70). C'est dans cette situation que le tubercule passe l'hiver à l'état de vie ralentie. La direction des nombreuses racines (*r,r*, fig. 70) issues de l'intérieur du tubercule, et qui s'allongent verticalement, montre bien quelle est la position du tubercule par rapport à la surface du sol.

Dans la culture, où cette plante est connue sous le nom de

Souchet, on ne laisse pas en terre les tubercules pendant la mauvaise saison ; on les retire du sol, car, dans nos climats, ils ne s'y conserveraient pas ; on les garde dans un endroit sec, où ils deviennent très durs et où ils se rident ; c'est sous cette forme qu'ils sont livrés au commerce, soit pour servir à l'alimentation, soit pour être plantés dans le courant du mois de mai.

Le tubercule mis dans le sol à cette époque se renfle rapidement et le bourgeon terminal se développe en donnant naissance aux feuilles disposées trois par trois, comme cela a lieu pour les autres Cypéracées ; une tige mince se dirige franchement de bas en haut. Quand cette tige est arrivée tout près de la surface du sol, elle se renfle un peu, et de cette partie renflée on voit partir un certain nombre de bourgeons latéraux qui donnent naissance à des rhizomes : un certain nombre de ces rhizomes s'enfoncent très peu et vont, à quelques centimètres de leur point de départ, se relever, apparaître à la surface du sol pour donner une tige aérienne florifère ; les autres rhizomes, au contraire, s'enfoncent presque verticalement et s'allongent rapidement grâce à l'accroissement des entre-nœuds ; quand l'extrémité de la tige souterraine est ainsi arrivée à une certaine profondeur, le mouvement de descente se ralentit beaucoup, puis il cesse presque complètement et le tubercule s'épaissit à la place où il s'est arrêté (*tb*, fig. 71).

Le tubercule initial qui a donné naissance à ces formations se détruit en quelques jours, et l'on peut même ordinairement observer une période où la plante vit sans localisation des réserves, après l'épuisement du tubercule initial et avant la formation des nouveaux tubercules.

J'ai pu vérifier dans de nombreuses expériences que si la plante végète dans de mauvaises conditions d'humidité et de température, les tubercules s'enfoncent très peu (fig. 72), qu'ils prennent une disposition horizontale *tb*, ou même se redressent de bas en haut, en sens inverse de ce qui se passe normalement. J'ai même constaté que, dans ces mauvaises conditions, des rhizomes verticaux terminés par un tubercule qui dans les conditions ordinaires se serait enfoncé dans le sol et ne se serait

développé que l'année suivante, se retournent et viennent porter à la surface du sol le tubercule, généralement peu développé, qui va donner une tige feuillée.

Si donc la plante végète dans des conditions normales, il se forme deux sortes de rhizomes, les uns horizontaux, les autres verticaux. Si la plante est rendue malade, les rhizomes horizontaux ne paraissent pas subir de changements, mais les rhizomes verticaux se redressent et vont la même année former une tige feuillée. La figure 72 montre un petit tubercule, qui va ainsi donner naissance à une tige aérienne *ta''*, quoique provenant d'un rhizome qui était d'abord descendant ; dans les conditions ordinaires, ce

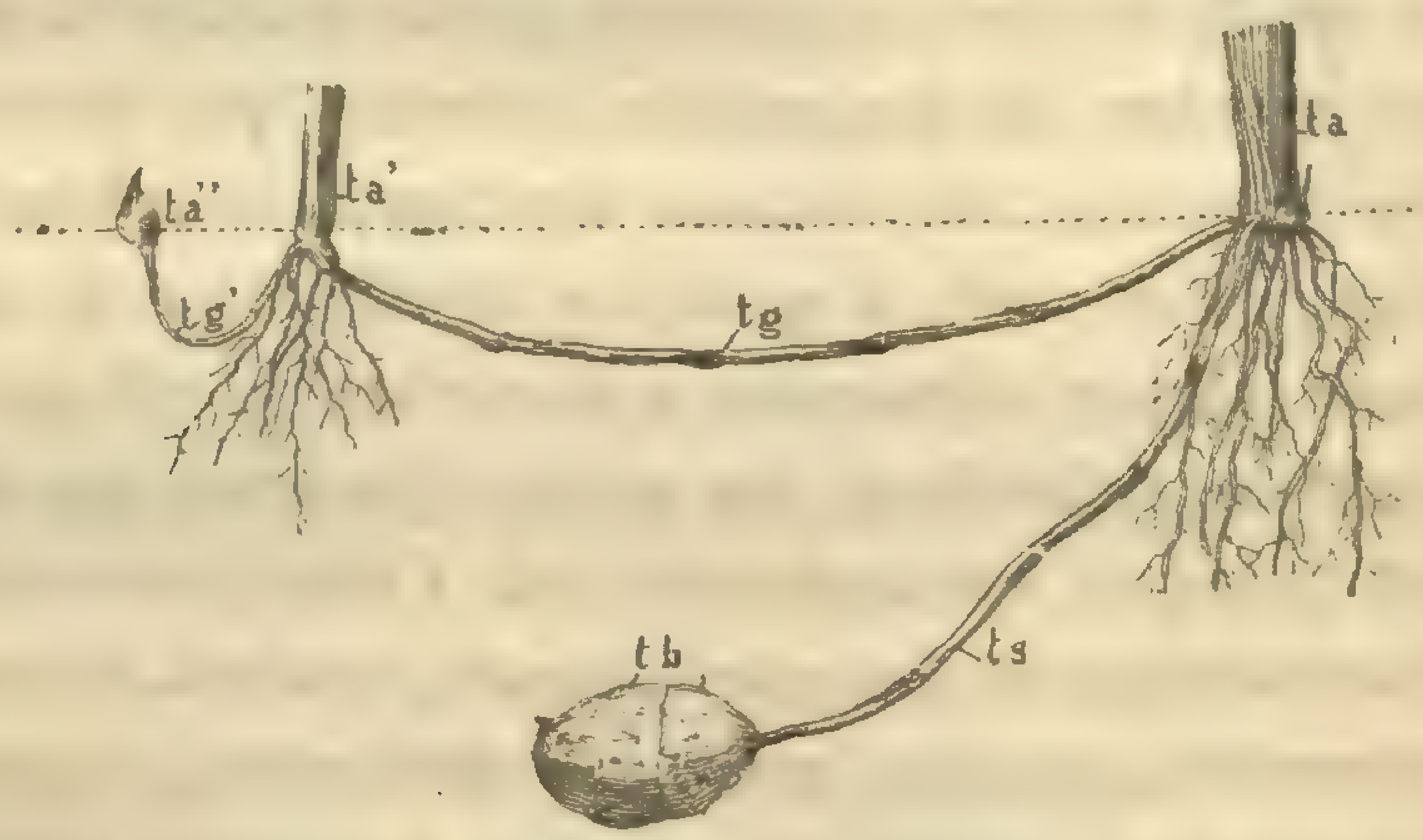


Fig. 72. — Partie souterraine d'une culture de *Cyperus esculentus* dans des conditions anormales : *ta*, tige aérienne initiale ; *ts*, branche souterraine se terminant par un tubercule *tb*, placé horizontalement ; *tg*, autre branche souterraine donnant directement une tige aérienne *ta'*, qui elle-même donne une tige souterraine *tg'*, se terminant par une tige aérienne *ta''*.

petit tubercule se serait développé sous terre et seulement l'année suivante.

2° *Anatomie. — a. Description de la coupe longitudinale du tubercule* (fig. 27). — Considérons une coupe longitudinale axiale du tubercule, passant par le milieu du bourgeon et par le rhizome qui le porte (fig. 73). On voit dans le rhizome le cylindre central *ec,rr,m* entouré d'une écorce *ec,ec*, ayant une épaisseur inégale dans les diverses régions du tubercule. Si l'on suit la coupe de *t* en *ev*, en faisant abstraction des nombreuses racines dont j'ai parlé plus haut (fig. 73), on voit qu'à 3 ou 4 millimètres de la base du tubercule, l'épaisseur de l'écorce devient

égale à environ sept ou huit fois le diamètre du cylindre central (en BB, fig. 73) sans que celui-ci soit notablement différent du cylindre central du rhizome grêle *t*. Ce cylindre central ne présente d'autre changement que celui de la nature des parois de ses cellules et de ses vaisseaux : ces parois diminuent sensiblement d'épaisseur. Un peu plus loin de la base du tubercule, à 5 millimètres environ, on voit le cylindre central s'élargir (CC, fig. 73) et la moelle devenir de plus en plus considérable :

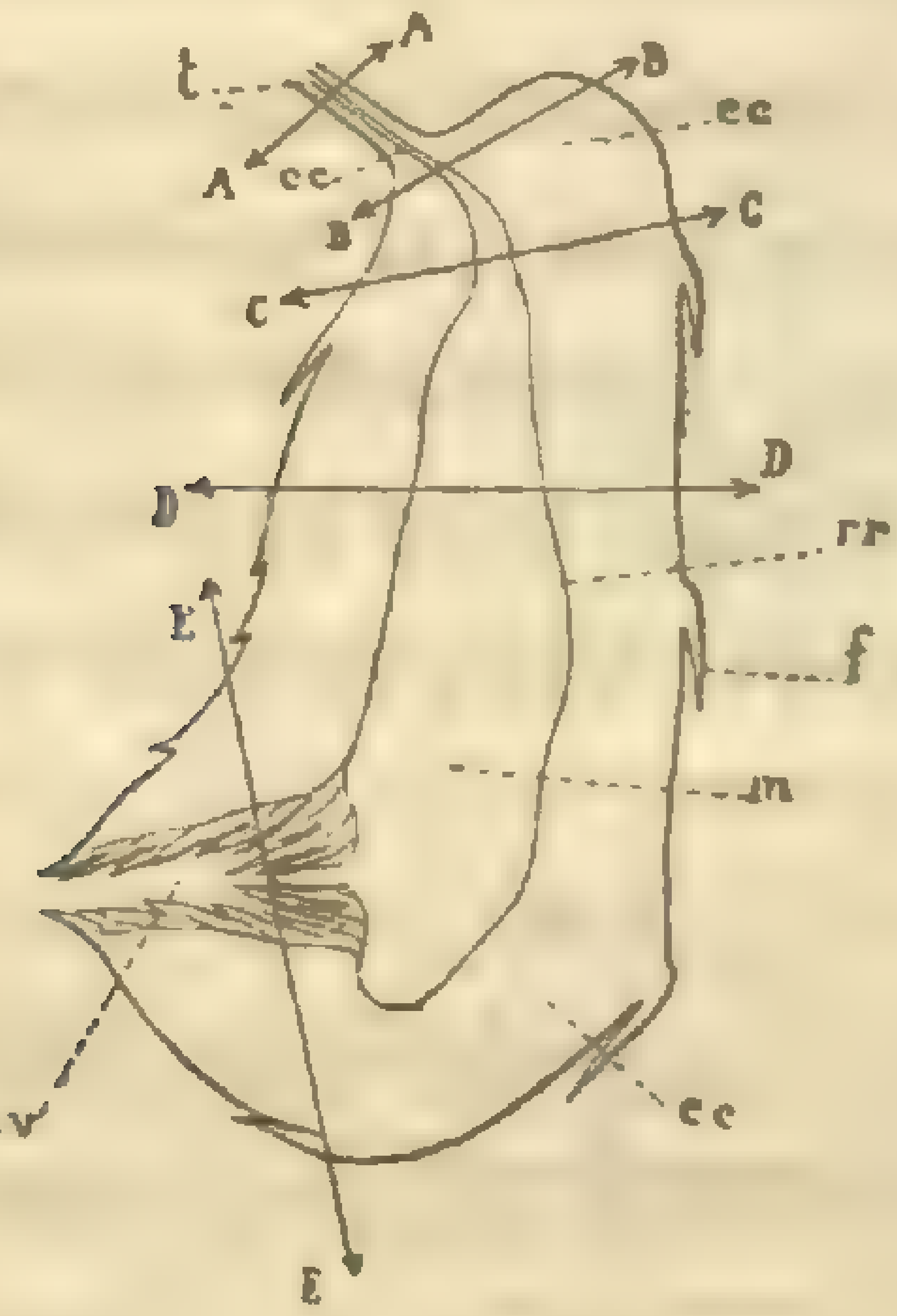


Fig. 73. — Coupe longitudinale d'un tubercule de *Cyperus esculentus* ; *t*, partie grêle de la tige souterraine ; *f*, écaille ; *ev*, espace vide au-dessus des bourgeons ; *m*, moelle ; *rr*, réseau radicifère ; *cc*, cylindre central dans sa partie étroite ; *ec*, écorce. — AA, BB, CC, DD, EE, directions des coupes.

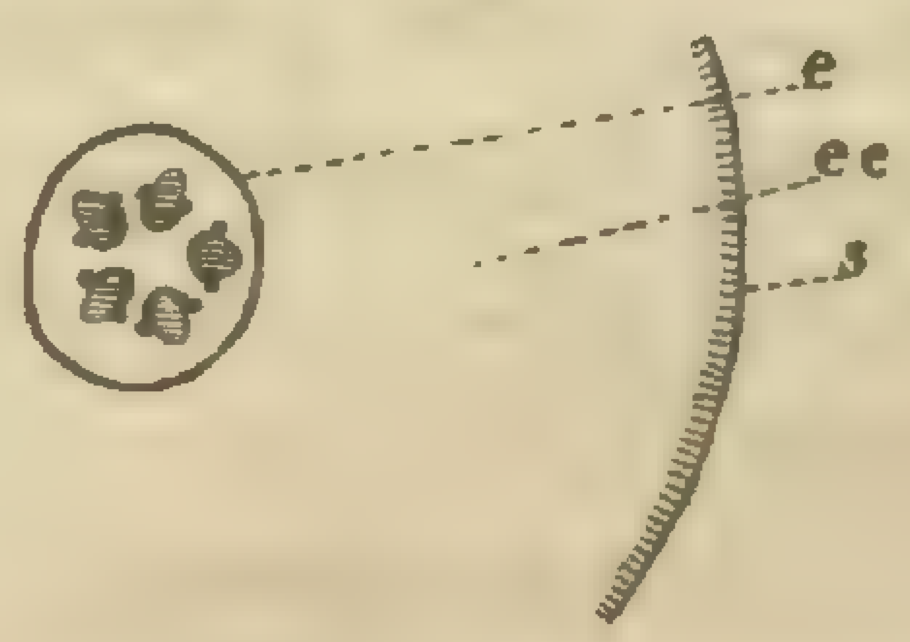


Fig. 74. — Portion de la coupe de la tige souterraine grêle de *Cyperus esculentus* (en A, fig. 73) : *s*, sclérenchyme hypodermique ; *ec*, écorce ; *e*, endoderme entourant le cylindre central.

l'endoderme devient méconnaissable et est remplacé par un réseau radicifère (*r*,*r*, fig. 73).

Plus loin, en DD, l'épaisseur de l'écorce est à peu près égale au diamètre de la moelle. Enfin on aperçoit, autour de la cavité *ev* des bourgeons, la région morphologiquement terminale du tubercule, région qui est tournée latéralement.

b. Description de la coupe du rhizome qui porte le tubercule (en AA, fig. 73 et fig. 74). — L'épiderme est formé par une assise de cellules plus petites que les cellules sous-jacentes, l'écorce (*ec*, fig. 74) présente une épaisseur de 25 à 30 cellules à parois minces, les trois ou quatre dernières assises de l'écorce ont des cellules disposées radialement et en continuité à peu près com-

plète avec celles de l'endoderme ; les cellules situées le plus près de l'endoderme ont des parois un peu épaissies ; l'endoderme *e* est lignifié presque complètement sur toutes ses faces ; il établit une séparation très nette entre l'écorce et le cylindre central ; le péricycle se distingue bien par ses cellules plus petites et non lignifiées. On voit dans cette coupe (fig. 74) cinq faisceaux libéro-ligneux ; chacun de ces faisceaux est formé par un certain nombre de vaisseaux du bois non lignifiés dont l'ensemble présente la forme d'un U ; à l'extrémité de chacune des branches de cet U, on observe un vaisseau du bois beaucoup plus large que les autres ; le liber, plus développé que le bois, est logé entre les branches de l'U qu'il dépasse beaucoup. La moelle est formée de cellules épaisses : son diamètre est à peu près égal à la plus grande largeur d'un faisceau libéro-ligneux ; cinq rayons médul-

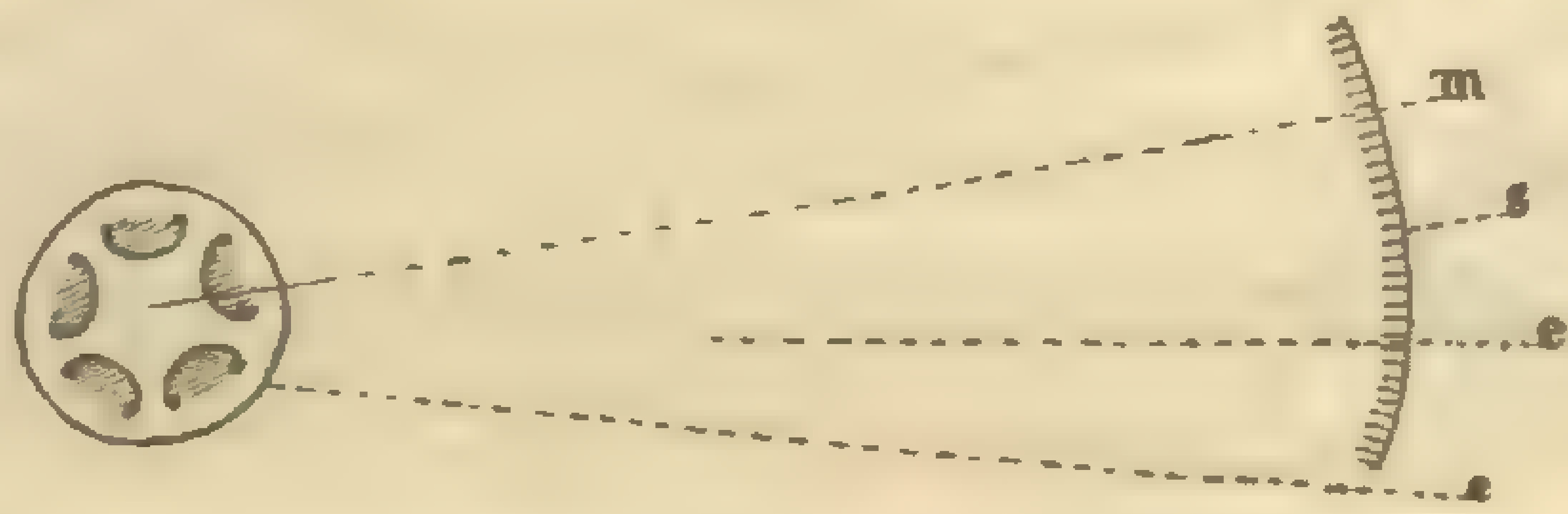


Fig. 75. — Portion de la coupe du tubercule de *Cyperus esculentus* (en BB, fig. 73) ; *s*, sclérenchyme hypodermique ; *ec*, écorce ; *e*, endoderme entourant le cylindre central ; *m*, moelle.

laires très nets séparent, les uns des autres, les faisceaux libéro-ligneux : ces rayons sont constitués par des cellules analogues à celles de la moelle. Cette structure est généralement troublée par un grand nombre de racines qui sont en voie de formation dans le péricycle.

c. Description de la coupe de la base du tubercule (en BB, fig. 73 et fig. 75). — L'épiderme est remplacé par un tissu hypodermique lignifié formant un sclérenchyme (*s*, fig. 75) à parois épaisses, dont la plus grande longueur est disposée radialement de telle sorte qu'une coupe tangentielle présente l'aspect d'un tissu fibreux : ce tissu à parois épaisses passe par une série de transitions successives au tissu de l'écorce (*ec*, fig. 75) qui n'est pas lignifié et est formé de grandes cellules polyédriques à parois minces renfermant des réserves abondantes ; c'est, en effet, dans ce tissu que se trouvent accumulées presque toutes les réserves

du tubercule. A mesure que l'on considère les cellules situées plus près du cylindre central, on observe qu'elles présentent une disposition radiale de plus en plus accentuée ; en même temps les cellules deviennent plus petites à mesure qu'elles sont plus rapprochées de l'endoderme ; cet endoderme (*e*, fig. 75) est très net, il n'est pas lignifié, les cellules qui le constituent sont plus épaisses sur les faces internes et latérales que sur les faces externes (A, fig. 76), tandis que les cellules de l'endoderme du rhizome étaient épaissies sur toutes leurs faces (B, fig. 77). Les cellules du péricycle sont relativement plus grandes que celles du péricycle de la tige souterraine non tubérifiée : un certain nombre de ces cellules ont même une dimension égale à celle des cellules de l'endoderme ; on aperçoit de loin en loin quelques fibres péricycliques, tandis que dans la coupe précédente ces fibres étaient à peine indiquées. Les cinq faisceaux libéro-ligneux présentent leur bois en forme d'U beaucoup plus ouvert ; les vaisseaux de ce bois ont des parois plus épaisses, leur diamètre est beaucoup moins variable que dans les vaisseaux de la coupe précédente ; on aperçoit toujours très nettement deux gros vaisseaux du bois, non lignifiés, aux extrémités de la branche de l'U. Le liber est relativement moins considérable, ses parois sont aussi plus épaisses ; la moelle et les rayons médullaires n'offrent pas d'autre différence appréciable avec ceux de la coupe précédente qu'une épaisseur de parois un peu plus grande.

D'une manière générale, tous les tissus du cylindre central présentent, dans cette partie du tubercule, des parois plus épaisses et les différents éléments de ces tissus sont moins différenciés entre eux.

En somme, on voit qu'à la base du tubercule toutes les réserves sont renfermées dans l'écorce, et que le cylindre central ne participe pas à la localisation des réserves.

d. Description de la coupe de la partie inférieure du tubercule (en CC, fig. 73). — A mesure que l'on fait des coupes plus rapprochées du milieu du tubercule, on voit le cylindre central augmenter de diamètre : il s'évase en forme de coupe (voy. fig. 73), la moelle augmente, les parois de ses cellules s'a-

mincissent et, peu à peu, on les voit se remplir de réserves identiques à celles de l'écorce; on peut se rendre compte de cette différence en comparant la figure 78 (A) à la figure 79 (B). La figure B représente les parois des cellules de la moelle de la coupe BB tout à fait à la base du tubercule; la figure A représente les parois des cellules de la moelle des coupes CC ou DD, c'est-à-dire au milieu du tubercule. Les cinq faisceaux libéro-ligneux s'écartent un peu les uns des autres, le bois est toujours non lignifié, et les éléments en sont de moins en moins différenciés, le liber est peu développé; l'endoderme lui-même

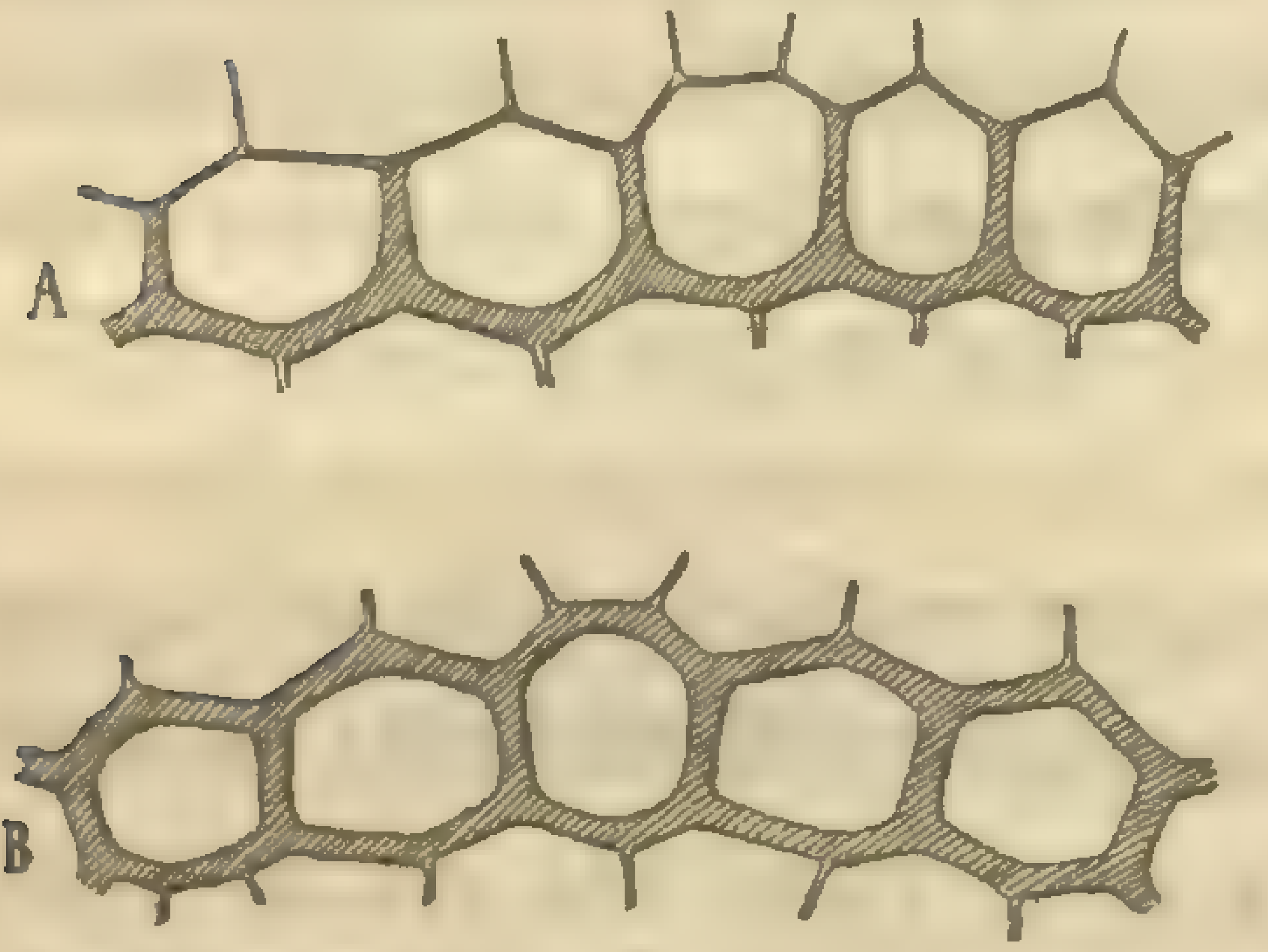


Fig. 76 et 77. — B, coupe transversale de l'endoderme correspondant à *e*, fig. 74; A, coupe transversale de l'endoderme correspondant à *e*, fig. 75.

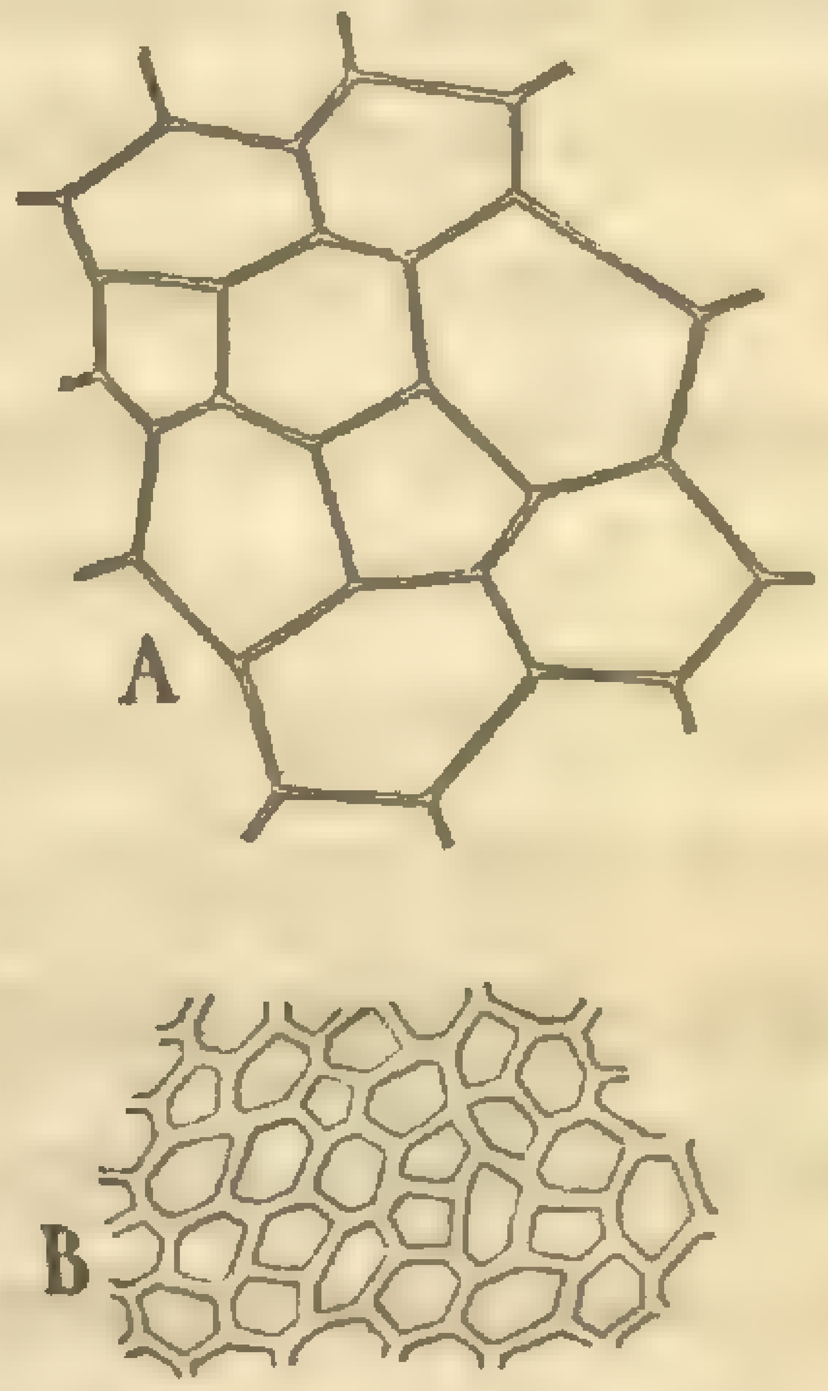


Fig. 78 et 79. — B, fragment de la moelle, correspondant au milieu du cylindre central de la coupe de la figure 74; A, fragment de la moelle correspondant à la coupe de la figure 75.

n'est plus net, il devient même à peine reconnaissable aux points où il est formé de cellules aussi minces que celles de la moelle et de l'écorce.

On voit donc que les parois des cellules de l'endoderme (B, fig. 77) se sont amincies de plus en plus, en commençant par les parois extérieures (A, fig. 76), puis en continuant par les parois latérales, et presque en même temps par les parois intérieures; enfin, à mesure que le péricycle devient de moins en moins net, il se développe au milieu de ses cellules un réseau radicifère constitué surtout par des faisceaux libéro-ligneux; ces faisceaux mettent en relation les faisceaux du cylindre central avec la partie vasculaire des racines.

e. Description de la coupe du milieu du tubercule (DD, fig. 73 et fig. 80). — Cette coupe montre que vers le milieu du tubercule le diamètre du cylindre central est devenu à peu près égal à l'épaisseur de l'écorce (*ec*, fig. 80) ; il n'y a plus trace

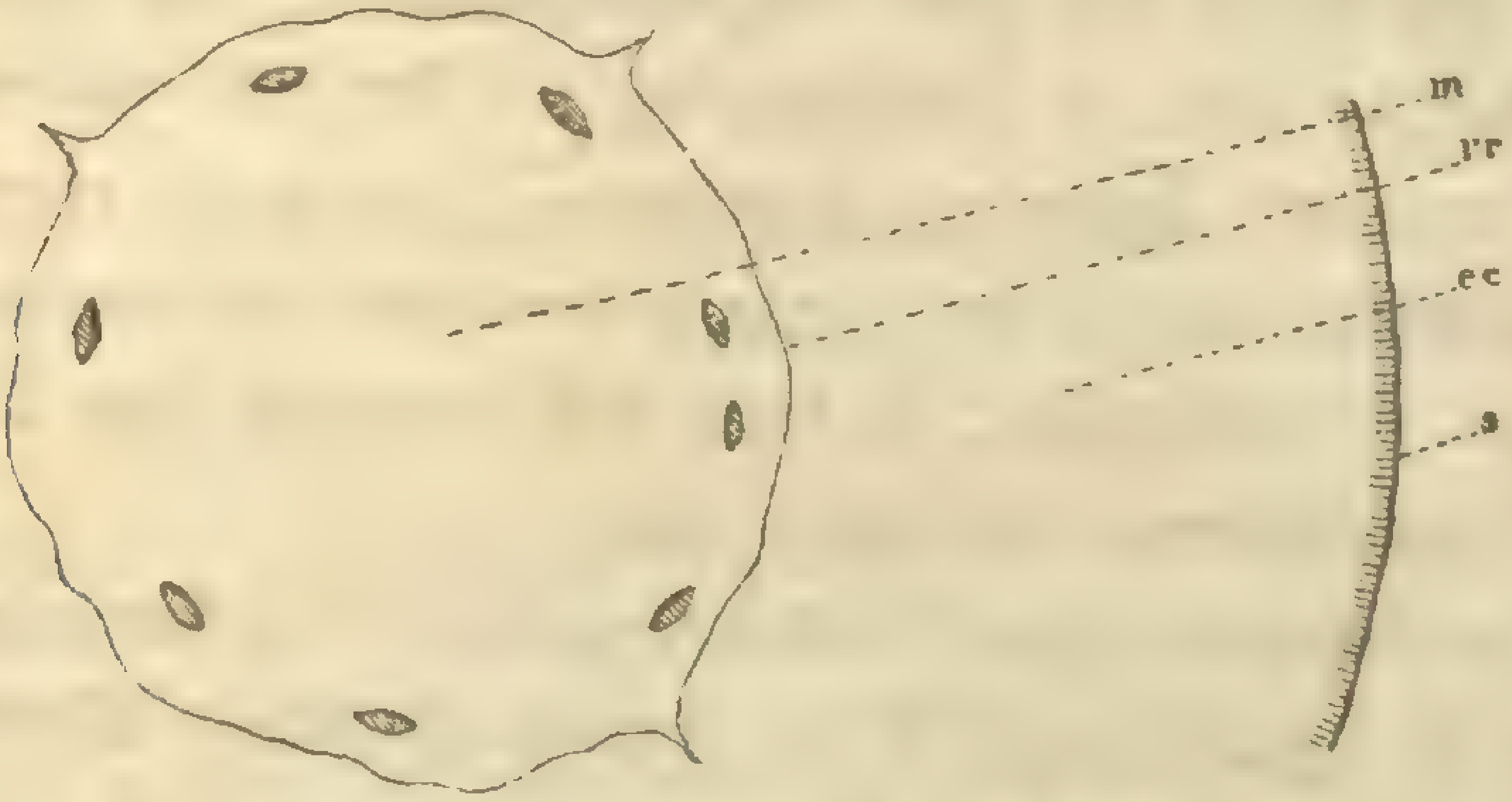


Fig. 80. — Coupe du tubercule de *Cyperus esculentus* (en DD, fig. 73) ; *s*, sclérenchyme hypodermique ; *ec*, écorce ; *rr*, réseau radicifère ; *m*, moelle.

d'endoderme, et le réseau radicifère développé (*rr*, fig. 80) donne naissance à de nombreuses racines adventives.

Les faisceaux libéro-ligneux, plus nombreux et moins diffé-

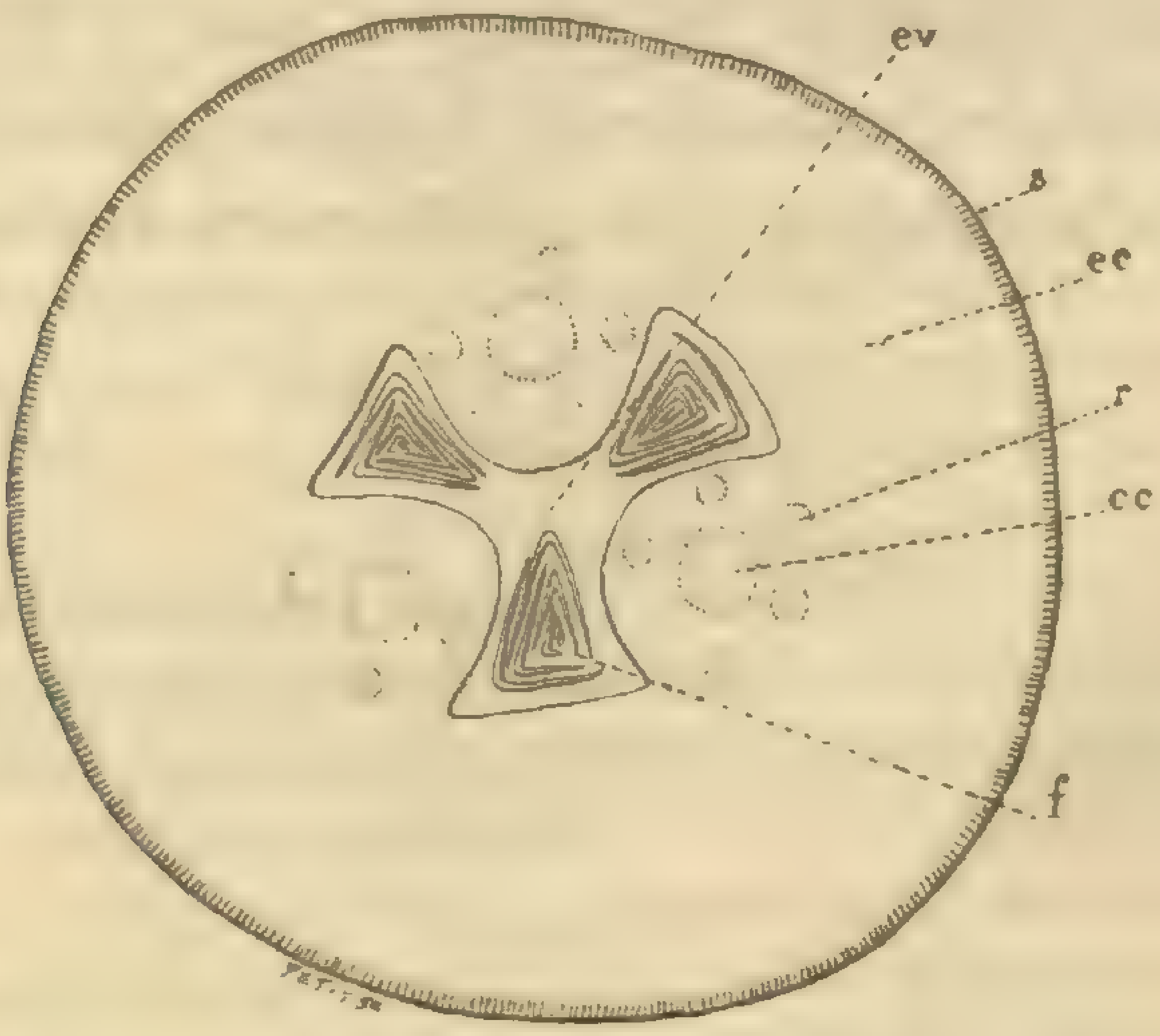


Fig. 81. — Coupe du tubercule de *Cyperus esculentus ; s*, sclérenchyme hypodermique ; *ec*, écorce ; *cc*, cylindre central d'un bourgeon ; *r*, cylindre central d'une racine née sur un bourgeon ; *f*, feuilles d'un bourgeon situé plus bas ; *ev*, espèce vide.

renciés, sont toujours disposés sur un seul cercle à la périphérie du cylindre central ; à ce niveau, les réserves sont accumulées dans tous les tissus, sauf dans le sclérenchyme hypodermique *s*, dans le réseau radicifère *rr* et dans les faisceaux.

f. Description de la coupe passant perpendiculairement à l'axe de la cavité du tubercule (EE, fig. 73, et fig. 81). — Si l'on fait une coupe perpendiculairement à l'axe de la cavité *ev* (fig. 73), on rencontre, à la fois, au moins deux séries de bourgeons disposés trois par trois, tels que les bourgeons *cc* (fig. 81), qui sont coupés vers leur base, et les bourgeons *f* (fig. 81) qui sont coupés vers leur sommet. Dans ces bourgeons, on peut remarquer le cylindre central *cc* et un certain nombre de racines adventives *r* déjà développées ; le tout est entouré par l'expansion (*ec*, fig. 81) de l'écorce du tubercule.

On voit en somme que le tubercule du *Cyperus esculentus*, formé par le renflement d'un grand nombre d'entre-nœuds inégaux d'une portion de la tige recourbée sur elle-même, offre une structure très complexe, et que la provision de nourriture s'y accumule d'une manière générale dans l'écorce et dans la moelle, relativement très amplifiées, toutes deux constituées par un parenchyme de cellules à parois minces.

Ces réserves sont presque exclusivement constituées par des saccharoses et de l'amidon ; les glucoses sont en très petite quantité. Quand le tubercule se détruit, les glucoses augmentent sensiblement et la proportion des saccharoses devient de plus en plus faible.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

PARUS EN 1888 ET JUSQU'EN JUILLET 1889

I. — Physiologie de la cellule.

La physiologie de la cellule a été, pendant longtemps, par la difficulté même du sujet, par la délicatesse des méthodes qu'elle exige, la partie la moins connue de la physiologie végétale. Malgré les progrès de la technique, bien des points, aujourd'hui encore, restent douteux, et nous allons voir que l'accord est souvent loin d'être réalisé entre les nombreux auteurs qui se sont consacrés à cette étude.

On sait que, d'après MM. Sachs et de Vries, l'accroissement longitudinal de la cellule est dû à la tension de turgescence, c'est-à-dire à la pression qu'exerce l'eau de la cellule sur la face interne de sa membrane. Au commencement de l'année 1888, M. Klebs (1), mettant en doute cette théorie, avait cherché à montrer que la turgescence n'a en réalité, dans l'accroissement de la membrane, qu'une importance secondaire, et que la véritable cause de l'accroissement réside dans des rapports encore inconnus du protoplasme. Bien plus récemment, M. Wortmann (2) revient au contraire, en grande partie, à la théorie de MM. Sachs et de Vries. Selon lui, l'accroissement de la cellule dépend de la force osmotique d'une part, et de l'extensibilité de la membrane de l'autre. L'auteur étudie successivement l'influence de ces deux facteurs, dont l'action mélangée détermine la grandeur de l'accroissement.

Ses expériences établissent d'abord que l'extensibilité des membranes, dans des organes en voie de croissance comme des bourgeons, atteint son maximum à la pointe de ces organes, et va en diminuant régulièrement vers leur base. Il n'y a aucune concordance entre les régions qui présentent le maximum d'extensibilité, et celles qui présentent le maximum d'accroissement ; il n'y a pas davantage parallélisme entre le degré de turgescence de la cellule et le degré d'extensibilité de la membrane. Pour déterminer ensuite comment varie le second facteur d'accroissement, la force osmotique, M. Wortmann recherche le point de la région de croissance où cette force osmotique atteint son maximum. La tige en expérience est, à cet effet, divisée en parties égales, puis, quand la zone d'accroissement maximum s'est développée, chaque zone est découpée et mise à plasmolyser dans une

(1) Klebs : *Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle* (Institut de Tübingen. Vol. II, p. 489-568).

(2) Wortmann : *Beiträge zur Physiologie des Wachstums* (Bot. Zeitung, 1889, 14-18).

solution de sucre de canne, dont on évalue la concentration isotonique. Il est évident alors que les rapports de concentration des différentes solutions donneront la grandeur relative de la force osmotique pour chaque zone correspondante. L'auteur a ainsi trouvé que, depuis la zone extrême, la plus jeune, jusqu'à la zone d'accroissement maximum, la force osmotique s'élève de plus en plus. Dans la région où la croissance est la plus active, cette force atteint un maximum qui reste ensuite constant, jusque dans la région où la croissance est terminée.

En se rappelant tout ce qui précède, on pourra, sur un organe supposé divisé en huit parties, représenter l'extensibilité de la membrane, depuis la région la plus jeune jusqu'à la plus âgée, par la série des nombres : 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0. On pourra, d'autre part, dans le même ordre, représenter la force osmotique par la série : 0, 6, 8, 8, 8, 8, 8, 8. Pour chaque zone, la grandeur de la tension de turgescence sera alors obtenue en multipliant le nombre qui représente son extensibilité, par celui qui représente sa force osmotique. On voit ainsi que, de la pointe à la base d'un organe, la tension de turgescence monte de 0 à un maximum qui correspond au maximum d'accroissement, puis redescend à 0. Les cellules du méristème croissent à peine, parce que, quoique extensibles, elles n'ont pas de force osmotique. Dans les cellules âgées, au contraire, la force osmotique est devenue très grande, mais elle est annulée par la disparition de l'extensibilité; l'accroissement cesse.

Une cause perturbatrice dont il faut toujours tenir compte, comme le fait remarquer M. Wortmann, c'est la plus ou moins grande quantité d'eau fournie à la cellule. Toutes les circonstances qui, comme la transpiration ou une solution nourricière trop concentrée, diminuent la quantité d'eau de la cellule, rendent, par cela même, inactive une partie de sa force osmotique; d'autre part, la formation de la membrane n'étant pas entravée, celle-ci s'épaissit davantage. Un tel épaississement a été ainsi obtenu sur le *Polygonum Sieboldtii*, en entravant mécaniquement la tension de turgescence, au moyen d'un fil enroulé autour de la tige.

En résumé, l'accroissement de la cellule dépend de la tension de turgescence de cette cellule. La grandeur de la tension est soumise à trois variables : le degré de la force osmotique, l'extensibilité de la membrane, la plus ou moins grande abondance d'eau externe. Tout changement apporté dans la formation de la membrane modifie le résultat de la tension de turgescence, et par là s'expliquent les courbures des cellules ou des tissus.

Antérieurement, en 1887, M. Wortmann avait émis l'opinion que ces courbures géotropiques et héliotropiques ont pour cause un mouvement du protoplasma qui modifie, dans la région en croissance, l'épaisseur et la tension des parois. Cette manière de voir a soulevé de nombreuses objections. M. Wortmann admet, par exemple, que la pesanteur a pour effet d'attirer le protoplasma vers le côté supérieur de la tige. Le protoplasma ainsi entassé de ce côté, produit un épaississement des parois, qui restent faibles et peu résistantes, au contraire, vers le côté inférieur. Il en résultait, sous l'influence hydrostatique, une courbure de l'organe telle que le côté inférieur, plus extensible, se courbe davantage et devient convexe. Or,

M. Elfving (1) a pu s'assurer, en produisant des courbures artificielles d'un organe, qu'on observe toujours dans ce cas, sur le côté le moins courbé, un tissu collenchymateux résistant, plus riche en protoplasma que le côté opposé. L'amas du protoplasma et l'épaississement de la membrane étant ici la conséquence de la courbure purement mécanique de l'organe, on n'est donc point autorisé à conclure que pour les inflexions géotropiques ou autres, ces mêmes modifications en sont la cause.

Des observations faites sur les rhizoïdes des *Marchantia* et des *Lunularia* amènent M. Haberlandt (2) à la même conclusion. Ces rhizoïdes, comme les poils radicaux, ne s'accroissent que par la pointe, et c'est dans cette partie extrême seule que se produisent les courbures géotropiques. Cependant, les cellules de la région située au-dessous sont également riches en protoplasma et ne montrent de différences ni dans la disposition de ce protoplasma, ni dans l'épaisseur de leurs membranes. De plus, quand les rhizoïdes sont ondulés, ce n'est que dans les parties vieilles que le côté concave devient plus épais. L'épaisseur des parties jeunes étant uniforme, l'inégalité est donc bien plutôt le résultat que la cause de la courbure.

D'après l'hypothèse de M. Wortmann, la courbure serait produite par un arrêt d'accroissement du côté concave. M. Noll (3), opérant sur des tiges d'*Hippuris* et sur des nœuds de chaume, conclut, au contraire, non à un arrêt d'accroissement de ce côté, mais à une accélération d'accroissement du côté convexe. Cette accélération est due, selon lui, à un changement dans la tension élastique de la membrane dont l'extensibilité augmente. Cette extensibilité est une propriété de l'hyaloplasma, qui est sous la dépendance de la lumière, de la pesanteur et de tous les agents extérieurs. On voit que nous revenons à ces rapports inconnus du protoplasma dont parle M. Klebs.

M. Godlewski (4), sans apporter aucune donnée nouvelle, juge à propos de rappeler la théorie de Sachs sur les phénomènes de courbure. Il admet, avec Sachs, autant de matières spécifiques que de sortes d'organes. Il existerait ainsi un protoplasma de la tige remontant vers la lumière, un protoplasma de la racine fuyant les rayons lumineux ; l'hydrotropisme, le géotropisme s'expliqueraient de même. Chaque organe pourrait, du reste, renfermer plusieurs de ces sortes de protoplasmes, et le sens de la courbure serait déterminé par la prédominance de l'un d'eux. Les rhizomes renfermeraient, par exemple, plus de protoplasme de la racine que de protoplasme de la tige. C'est là, il faut le dire, une pure hypothèse qui exigerait, pour être acceptée, l'isolement de toutes ces matières spécifiques. Encore resterait-il à chercher la cause de ces propriétés particulières, dont

(1) T. Elfving, *Quelques mots sur la courbure des plantes* (Journal de botanique, 16 juin 1888).

(2) Haberlandt : *Ueber das Längenwachstum und den Geotropismus der Rhizöden von Marchantia und Lunularia* (Œsterreichische bot. Zeitschrift. 1889, n° 3).

(3) Noll : *Beitrag zur Kenntniss der physikalischen Vorgänge welche den Reizkrümmungen zu Grunde liegen* (Arbeiten d. bot. Inst. in Würzburg. Vol. II, n° 14)

(4) Godlewski : *Einige Bemerkungen zur Auffasung der Reizerscheinungen an den wachsenden Pflanzentheilen* (Bot. Centr., 1888, 15-16).

l'intervention, toujours prête à dissimuler notre ignorance, déplace la question plutôt qu'elle la résout.

Dans le même ordre de travaux récemment parus, citons encore ceux de MM. Heinricher et Vöchting.

M. Leitgeb avait déjà prouvé que la pesanteur n'influe pas sur la position respective des organes naissants, dans l'embryon des Polypodiacées. M. Heinricher (1) constate le même fait sur une autre Fougère, le *Ceratopteris thalictroïdes*. Ni la pesanteur ni la lumière, quel que soit leur sens, ne peuvent déplacer aucun organe dans l'archégone. La racine, par exemple, naît toujours de la même cellule, du côté du col de cette archégone. Cet organe présente ici, en outre, un cas particulièrement intéressant d'un fort héliotropisme négatif : quand l'éclairement vient d'en bas, il croît vers le haut, sans paraître s'occuper de la pesanteur.

Enfin, M. Vöchting (2) a observé, sur un *Magnolia conspicua*, que tous les boutons se tournaient vers le nord; mais cette courbure, comme l'auteur s'en est assuré, est due aux rayons calorifiques plutôt qu'aux rayons lumineux. Elle s'explique par ce fait, que la moitié éclairée, plus proche de l'optimum, montre aussi un plus fort accroissement.

Les expériences faites sur l'accroissement et la courbure de la cellule reposent le plus souvent sur la méthode plasmolytique. Pour l'application de cette méthode, la détermination des coefficients isotoniques est de la plus grande importance. Depuis plusieurs années déjà, M. H. de Vries (3) a dirigé de ce côté la plupart de ses recherches, et nous lui devons la plus grande partie de nos connaissances sur le sujet. On sait ce que M. de Vries entend par coefficient isotonique d'un corps. Quand la solution dans laquelle plonge une cellule est telle que le protoplasme de cette cellule commence à se contracter, la force osmotique étant alors la même de part et d'autre de la membrane, la solution est en *concentration isotonique* avec le suc cellulaire. Deux solutions de corps différents, plasmolysant au même instant la même cellule, sont isotoniques entre elles. Pour chaque substance, on appelle *coefficient isotonique*, le nombre qui exprime la grandeur de sa force osmotique, comparée à celle d'une solution également concentrée, en molécules, d'azotate de potasse, dont le coefficient a été choisi égal à 3. Si, par exemple, une solution de sucre de canne a pour coefficient isotonique 2, cela veut dire qu'une telle solution a une force osmotique égale aux 2 tiers de la force osmotique d'une solution de salpêtre, de concentration moléculaire égale, et que, pour avoir la même force osmotique, la solution de sucre de canne doit être 3/2 fois plus concentrée que la solution d'azotate de potasse.

(1) Heinricher : *Beeinflusst das Licht die Organanlage am Farnembryo?* (Mitt. des bot. Inst. zu Graz., vol. II).

(2) Vochting : *Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf die Blüthenentfaltung der Magnolia* (Berichte der deutschen bot. Gesellschaft, 1888, p. 167-178).

(3) Hugo de Vries : *Ueber den isotonischen Coefficient des Glycerins* (Bot. Zeit., 1888, 15 et 16). — *Isotonische Koefficienten einiger Salze* (Zeitschrift für physikalische Chemie III). — *Ueber die Permeabilität der Protoplaste für Harnstoff* (Bot. Zeit., 1889, 19 et 20).

La méthode de détermination de ces coefficients consiste, par suite, à rechercher, sur le même tissu coloré (*Begonia manicata; Tradescantia discolor; Coleus; Spirogyra*), les concentrations isotoniques du salpêtre et du corps en expérience, avec le suc cellulaire. Plusieurs solutions de chacun des deux corps sont préparées à des degrés de concentration différents; des coupes d'un même tissu sont ensuite portées dans ces solutions, puis observées au microscope quelques heures après. Si la tension osmotique de la solution surpasse celle du suc cellulaire, le protoplasme est contracté par plasmolyse; si cette tension est plus faible, les cellules restent intactes; si enfin il y a équilibre entre les deux tensions, la cellule montre un commencement de plasmolyse qui cesse bientôt. C'est la concentration de la solution, dans ce cas, qui est considérée comme isotonique. On obtient alors le coefficient isotonique de la substance étudiée : 1° en calculant le rapport de la concentration isotonique du salpêtre à la concentration isotonique de cette substance pour la même plante; 2° en multipliant ce rapport par 3, coefficient isotonique du salpêtre. M. de Vries a ainsi déterminé tout d'abord le coefficient isotonique de la glycérine, dont le rôle, dans l'économie de la plante, lui semble des plus importants. Le choix de la plante employée comme indicateur n'est pas indifférent; la détermination du coefficient isotonique n'est en effet possible, que si le protoplasme est imperméable à la substance. Cette imperméabilité du protoplasme, variable avec la plante et avec l'âge, est le cas général pour les sels; mais M. Klebs a montré que la glycérine, au contraire, passe facilement dans la cellule vivante. Il s'agissait donc de trouver une plante dont le protoplasme fût imperméable à ce corps; le *Begonia manicata* réalise la condition exigée, et c'est sur cette plante que M. de Vries a expérimenté. Il a ainsi trouvé, pour coefficient isotonique de la glycérine, le nombre 1,78, que l'on peut rapprocher de l'abaissement de son point de congélation 17,1. Des expériences ultérieures ont permis au même auteur de déterminer les coefficients isotoniques d'un certain nombre d'autres corps, parmi lesquels nous citerons les plus importants : l'urée (1,70); le sulfate de magnésie (2,13); le chlorure de potassium (3,08); le chlorure de calcium (4,73); l'azotate de chaux (4,22); le ferrocyanure de potassium (5,26).

Le premier de ces corps, l'urée, a fait l'objet d'un travail spécial de M. de Vries. Comme la glycérine, il possède la propriété assez rare de passer, à travers le protoplasme vivant, dans le suc cellulaire, et d'élever la force osmotique de la cellule. C'est ainsi que la plasmolyse cesse, dans une solution à 1,4 p. 100, après quatre heures; dans une solution à 1,7 p. 100, après douze heures; dans une solution à 2,7 p. 100, après quatre jours; de telle sorte que les solutions doivent être de plus en plus concentrées, pour que la plasmolyse, arrêtée par l'absorption d'urée, se produise de nouveau. Cette perméabilité du protoplasme pour l'urée est, ici encore, très variable avec la plante; elle est, par exemple, très faible avec le *Tradescantia discolor*, qui était par suite tout indiqué, pour être utilisé dans la détermination du coefficient isotonique de l'urée. Il était intéressant de rechercher quelle est, de ces deux substances, glycérine et urée, celle qui traverse le plus rapidement le protoplasme. La recherche en était facilitée par ce fait, que les deux coefficients isotoniques (1,70 et 1,78) sont très rapprochés. M. de Vries

plonge des cellules de la même plante dans deux solutions séparées d'urée et de glycérine, également concentrées au point de vue moléculaire. La plasmolyse disparaît alors bien plus tôt dans la solution de glycérine, pour laquelle le protoplasme est ainsi plus perméable que pour l'urée. L'urée formerait donc le premier terme intermédiaire entre la faible perméabilité du protoplasme, pour beaucoup de sels et de sucres, et sa forte perméabilité pour la glycérine. Beaucoup de termes de cette série seront sans doute trouvés dans la suite.

L'imperméabilité du protoplasme pour les sels et les sucres n'est d'ailleurs pas absolue. M. Janse (1) croit nécessaire de distinguer l'*intraméabilité*, ou propriété du protoplasme de laisser entrer certaines matières dans les vacuoles, et l'*extraméabilité*, ou propriété de les laisser sortir. L'intraméabilité du protoplasme, quoique faible, n'est pas douteuse pour l'azotate de potasse, le chlorure de sodium, le sucre de canne. Par différentes méthodes, M. Janse prouve, en effet, que, après un temps plus ou moins long, ces différentes substances ont été absorbées, en quantités notables, par les Spirogyres, et les cellules épidermiques de Tradescantia et de Curcuma. L'auteur admet également l'extraméabilité de l'hyaloplasma et de la paroi des vacuoles pour les mêmes substances. Quantité de faits plaident, selon lui, en faveur de cette manière de voir : la sécrétion du sucre par les nectaires, la digestion de l'endosperme par l'embryon, le transport des matières nutritives de la plante, etc. M. Janse a isolé, du plasma des Spirogyres, des vacuoles, et a observé directement la perméabilité dans les deux sens. Il s'attache, en terminant, à montrer que ses résultats ne proviennent pas d'un état maladif de la cellule, comme on pourrait le supposer, et que, toujours, le protoplasme observé était normal.

II. — Physiologie des organes.

Nous venons d'observer le passage des substances, liquides ou dissoutes, dans l'intérieur de la cellule ; nous allons examiner maintenant, avec les travaux de M. Mangin (2), comment les gaz pénètrent dans le corps de la plante, et comment ils en sortent.

Les gaz absorbés ou dégagés par les plantes aériennes peuvent suivre deux voies différentes : 1° ils peuvent diffuser à travers les membranes cutinisées qui recouvrent la surface des organes exposés à l'air ; 2° ils peuvent traverser directement l'ostiole des stomates situés dans l'épiderme de la tige ou de la feuille. La part qui revient à chacune de ces deux voies étant encore inconnue, M. Mangin se propose de la déterminer. Il est nécessaire avant tout, dans ces expériences, d'obtenir des surfaces épidermiques

(1) Janse : *La perméabilité du protoplasme* (Verslagen en Mededeelingen der kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 1888).

(2) L. Mangin : *Sur la perméabilité de l'épiderme des feuilles pour les gaz* (Comptes Rendus de l'Acad. des sciences, 12 mars 1888). — *Recherches sur la pénétration ou la sortie des gaz de la plante* (Annales de la Science agronomique française et étrangère, 1888).

intactes, dont la cuticule ne soit pas altérée. La potasse, par exemple, a l'inconvénient de dissoudre la matière cireuse de l'épiderme et d'attaquer la cutine. Le seul procédé qui ait réussi à l'auteur est la macération, à la température de 10 à 15°, de feuilles d'Iris, de Lis, de Jacinthe, dans l'eau contenant le *Bacillus Amylobacter*. Les tissus sont dissociés, et l'Amylobacter, en dissolvant la membrane moyenne qui cimente les cellules entre elles, isole l'épiderme. Dans le but d'éviter les erreurs dues à la présence des stomates ou aux déchirures, la cuticule de l'épiderme mis en expérience est recouverte d'une couche de gélatine glycérinée, qui bouche tous les orifices accidentels ou naturels, sans altérer la perméabilité des surfaces cutinisées. On conçoit qu'il serait trop long de décrire ici l'appareil employé par M. Mangin, pour mesurer la diffusion des gaz à travers ces membranes ainsi préparées; nous ne pouvons que citer les principales conclusions de l'ouvrage : 1° la vitesse de diffusion des gaz à travers les surfaces cutinisées varie avec les gaz et est proportionnelle, pour chacun d'eux, à la différence des pressions que ce gaz exerce sur les deux faces de la membrane; 2° la perméabilité de l'épiderme des feuilles aériennes est très limitée; ordinairement faible pour les plantes à feuilles persistantes, elle est plus considérable pour les plantes à feuilles tombantes; 3° dans les feuilles à faces dissemblables, la perméabilité de la face inférieure est plus grande que celle de la face supérieure; 4° la perméabilité de l'épiderme des feuilles submergées, dépourvu de stomates, est très grande; elle est cinq, dix et même vingt fois égale à celle des feuilles aériennes les plus perméables; 5° la perméabilité des surfaces cutinisées est notablement atténuée par la matière cireuse qui imprègne la cuticule de toutes les feuilles, aussi bien dans les feuilles submergées que dans les feuilles aériennes; 6° l'occlusion des stomates diminue les échanges gazeux respiratoires, dans une proportion qui peut varier du cinquième à la moitié. Cette diminution, très faible pour les feuilles âgées dont la respiration est peu active, est due à ce que l'oxygène n'arrive plus en quantité suffisante; 7° l'occlusion des stomates affaiblit également, quelquefois des deux tiers, en ralentissant l'entrée de l'acide carbonique, l'échange gazeux chlorophyllien; 8° la valeur relativement faible du coefficient de perméabilité des membranes pour les gaz, montre que les stomates sont indispensables aux échanges gazeux chez les plantes aériennes.

A la même époque que M. Mangin, M. Devaux (1) se livrait à des recherches du même ordre sur les plantes aquatiques. Les conditions, pour ces plantes, diffèrent des précédentes par ce fait que les gaz du milieu ne sont plus libres, mais dissous; en outre, les stomates, peu nombreux, ne jouent plus, dans la circulation de ces gaz, qu'un rôle presque insignifiant. Le corps entier du végétal étant creusé d'un vaste système clos de lacunes, la diffusion à étudier est donc celle d'un milieu liquide à un milieu gazeux à travers une membrane vivante. La méthode employée est la suivante : une plante entière et vivante, d'Elodea par exemple, est introduite, à la manière d'un

(1) Henri Devaux : *Du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques* (Annales des sciences naturelles, 1889).

battant de cloche, dans un petit entonnoir en verre, de telle sorte que la section de la tige arrive à peu près au milieu de la partie tubulée de cet entonnoir. On remplit ensuite la partie évasée, jusqu'à la moitié à peu près, avec de la gélatine fondue, en ayant soin de laisser à découvert la section de la tige. Quand la gélatine est solidifiée, un tube en caoutchouc est adapté à la partie tubulée de l'entonnoir et relié, par l'autre extrémité, à une pompe à mercure d'Alvergniat. La masse de gélatine sépare ainsi la plante en deux portions : l'une à la surface de la gélatine, grande et libre, plongeant dans l'air ou dans l'eau aérée; l'autre, courte, communiquant avec la pompe à mercure. Au moyen de cet appareil, M. Devaux a pu faire à volonté le vide dans l'intérieur de la plante, et, par des analyses répétées, arriver à des notions précises sur la diffusion des gaz de l'air, jusque dans les lacunes, à travers les parois des plantes submergées. Il a constaté que cette diffusion est analogue à celle qui se produirait à travers une lame liquide immobilisée. Les vitesses de diffusion pour chaque gaz restent les mêmes, que la plante soit dans l'air ou dans l'eau; l'oxygène diffuse environ deux fois plus vite que l'azote, et le gaz carbonique cinquante-cinq fois plus vite. Comparant ensuite le milieu interne et le milieu externe de la plante, l'auteur tire les conclusions suivantes : 1° l'air dissous dans les eaux naturelles possède sensiblement la même pression que dans l'atmosphère; 2° à l'obscurité, c'est-à-dire quand la respiration agit seule, la pression gazeuse est à peu près la même des deux côtés de la paroi des plantes submergées; l'atmosphère interne de ces plantes est de l'air presque pur, de composition assez semblable à celle de l'air libre; 3° dans le cas d'assimilation, au contraire, la lumière, sous l'influence de laquelle le gaz carbonique très diffusible se transforme en oxygène peu diffusible, augmente la pression interne. Toutefois, comme précédemment, l'atmosphère des lacunes tend à avoir la même composition que l'air libre. M. Devaux termine cette étude déjà si fournie, en observant comment les gaz qui ont pénétré dans la plante arrivent dans la cellule. Le milieu gazeux externe de chaque cellule d'une plante submergée est de l'air libre ou dissous, dans lequel les pressions gazeuses sont très voisines de ce qu'elles sont dans l'air libre. Chaque cellule est traversée directement par ces gaz, de telle sorte qu'il existe, dans la substance même de la cellule, de l'air simplement dissous, possédant la même pression qu'à l'extérieur. L'atmosphère intime de la particule vivante serait donc de l'air, dans lequel chaque gaz tendrait à posséder la même force élastique que dans l'atmosphère où nous vivons.

Un point semble rester à élucider, pour compléter les travaux de MM. Mangin et Devaux : quelle est la composition de l'atmosphère interne des plantes aériennes? Un travail plus ancien, de M. Peyrou (1) vient précisément répondre à cette question. D'après ces recherches, la proportion d'oxygène est toujours plus faible à l'intérieur des plantes aériennes que dans l'air atmosphérique; par contre, l'acide carbonique est en quantité

(1) Peyrou : *Recherches sur l'atmosphère interne des plantes.* Thèse de doctorat ès sciences. Paris.

bien plus considérable. Si l'on analyse, en outre, à différentes heures de la journée, cette atmosphère interne, on constate que, dans les feuilles (et dans les tiges jeunes qui se comportent de la même façon), la proportion d'oxygène présente, toutes les vingt-quatre heures, des mouvements oscillatoires. On trouve deux minima : l'un entre 7 et 9 heures du matin, l'autre entre 4 et 5 heures du soir; et deux maxima : l'un vers midi, et l'autre entre minuit et 1 heure. Les saisons, la température, l'action chlorophyllienne, semblent sans influence sur ces oscillations. L'oxygène dégagé est d'autant plus abondant que la lumière est plus vive. Sa proportion dans la plante augmente avec l'agitation de l'air et avec l'âge; elle est plus grande chez les feuilles persistantes que chez les feuilles caduques, dans les feuilles à l'ombre que dans les feuilles à la lumière, quelle que soit du reste leur coloration. Lorsque la quantité d'acide carbonique émis est plus faible que celle de l'oxygène absorbé, il y a réellement assimilation de ce dernier gaz. Enfin, d'une façon générale, la proportion d'oxygène libre de la plante augmente toutes les fois que l'activité protoplasmique diminue; plus la croissance est rapide, plus les phénomènes d'oxydation sont énergiques.

Après les expériences suivantes de M. Stefan Jentys (1), on est encore plus en droit de rapprocher l'un de l'autre les phénomènes d'oxydation et les phénomènes de croissance. M. Johannsen a démontré l'action d'une forte pression externe d'oxygène sur l'intensité de la respiration. Avec l'aide de l'appareil qui a servi à M. Johannsen, M. Stefan Jentys met à son tour en évidence les variations d'accroissement sous la même influence. Les phénomènes sont différents, suivant que la pression d'oxygène est supérieure ou inférieure à une atmosphère. Quand la pression dépasse une atmosphère, l'auteur n'a jamais observé, au moins jusqu'à huit atmosphères, limite de ses expériences, un arrêt complet d'accroissement, mais toujours un retard plus ou moins fort. L'accroissement des tiges et des racines est d'autant plus entravé, que la pression d'oxygène est plus élevée. Toutefois, la durée de l'expérience a une influence prédominante : une tension relativement faible, mais d'une longue durée, retarde en effet bien plus l'accroissement qu'une tension plus forte exercée pendant une période plus courte. La forte pression est d'autant plus nuisible que son action est de plus longue durée ; quand elle n'a pas été trop prolongée, les sujets d'expérience se développent plus tard tout à fait normalement, s'ils sont de nouveau soumis aux conditions ordinaires. La résistance semble variable : 1° avec les individus, la Fève des marais, par exemple, étant plus susceptible que l'*Helianthus;* 2° avec l'âge, les jeunes entre-nœuds paraissant plus souffrir que les vieux. Au-dessous d'une atmosphère et jusqu'à une atmosphère, l'accroissement du *Vicia Faba*, de l'*Helianthus annuus*, du *Pisum sativum*, est à peu près indifférent à l'élévation de la pression. Dans un milieu renfermant 80 à 100 p. 100 d'oxygène, l'accroissement a été seulement un peu plus grand que dans l'air ordinaire pour la Fève des marais, un peu plus petit pour l'*Helianthus* et le

(1) Stefan Jentys : *Ueber den Einfluss hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachsthum der Pflanzen* (Untersuchungen a. d. bot. Institut in Tübingen (V. II, 1888, pp. 413-461).

Pois; mais il faut toujours tenir grand compte des variations individuelles. Les racines de Pois et les fructifications de *Phycomyces nitens* ont aussi bien poussé dans l'oxygène pur que dans l'air. Enfin, l'élévation de la pression a une influence favorable sur le développement des embryons, mais une pression de 1 atmosphère est toutefois moins favorable qu'une pression de 0,80 et surtout 0,60 atmosphère. Toutes ces observations restent vraies si l'on prolonge, même pendant trois jours, la durée des expériences.

Elles sont à rapprocher des résultats obtenus par M. Johannsen sur la respiration soumise de même aux variations de pression. A mesure que la tension s'élève au-dessus d'une atmosphère, l'affaiblissement de la respiration va parallèlement avec la diminution de l'accroissement. Au-dessous d'une atmosphère, d'autre part, l'influence de l'oxygène est aussi, pour la respiration comme pour l'accroissement, variable avec les espèces. La raison de ces variations nous est encore inconnue, mais elle paraît ne résider nullement dans la différence des matières de réserve. Il est à remarquer que les gaz indifférents, comme l'azote et l'hydrogène, ont, quand ils sont comprimés, une action nuisible sur l'accroissement de la tige. Ce fait permet d'admettre que la nocuité de l'oxygène à haute tension n'est pas due seulement aux propriétés toxiques de ce gaz, mais encore à d'autres causes. La pression peut, sans doute, avoir comme telle une influence nuisible, soit en supprimant la turgescence de la cellule, soit en comprimant les vaisseaux, soit encore, comme l'a montré M. Cailletet, en entravant certains phénomènes chimiques. Il est supposable également que des gaz, indifférents sous la pression normale, puissent devenir toxiques sous une forte pression : c'est le cas, par exemple, pour l'acide carbonique. Ajoutons que le développement des racines semble généralement soustrait à l'influence des gaz indifférents comprimés.

Au lieu d'augmenter la pression normale d'oxygène, M. Clark James (1) la diminue et observe les différences qui surviennent dans les mouvements du protoplasma. Si l'on prive complètement d'oxygène des plasmodies de Myxomycètes, on les voit devenir immobiles au bout d'un temps qui peut varier entre 5 et 20 minutes; mais il suffit de leur fournir de l'oxygène à une pression de 1,2 à 1,4 millimètre de mercure, pour voir ces mouvements reprendre aussitôt, et d'autant plus vite que la plasmodie est plus jeune. De même les mouvements du protoplasme s'arrêtent, en l'absence totale d'oxygène, dans les cellules des poils radicaux, des poils des étamines du *Tradescantia*, des poils de jeunes feuilles d'*Urtica*, dans les prothalles de Fougères, etc. Tous ces mouvements, ici encore, reprennent à une faible pression, variable avec les individus ($1^{mm},2$ pour le *Trianea bogotensis*, $2^{mm},8$ pour les feuilles de l'*Urtica americana*), avec l'âge et avec l'état des cellules.

L'étude d'une deuxième sorte de mouvements, les mouvements ciliés, a été faite par l'auteur sur les Infusoires. Une pression d'oxygène de 1 millimètre suffit souvent pour que les mouvements de ces êtres reprennent, mais

(1) Clark James: *Ueber den Einfluss niederer Sauerstoffpressungen auf die Bewegungen des Protoplasmas* (Berichte der deut. bot. Gesellschaft, VI, 7).

quand on abaisse au-dessous de 6 millimètres la pression de l'air, l'animal, un Glaucoma par exemple, éclate. Si l'on observe de près le fait sur un individu de plus grande taille, comme un Pleurotricha, on voit que la déchirure ne se fait pas sur tout le corps en même temps. Elle commence à la bouche et se propage de là, peu à peu, vers l'extrémité la plus éloignée. M. Clark est même parvenu, en rétablissant rapidement une pression d'air supérieure à 6 millimètres, à arrêter cette déchirure. Toute la partie déchirée reste immobile, mais l'extrémité, encore intacte, revient à la vie et meut de nouveau ses cils. Ces derniers faits sortaient un peu de notre cadre, mais ils nous ont paru présenter une particularité si intéressante, que nous n'avons pu résister au désir de les citer.

Au moment d'analyser les dernières recherches entreprises sur la respiration des végétaux, il nous faut mentionner, à titre bibliographique, le mémoire de M. Bucherer (1). L'auteur publie, non des expériences personnelles, mais un résumé de nos connaissances actuelles sur la respiration, et un exposé complet des théories successivement émises. Un tel mémoire fournira les renseignements les plus utiles à quiconque voudra, dans l'avenir, aborder l'étude des phénomènes respiratoires.

Cette étude est loin d'être épuisée. Le dernier travail de M. Pfeffer (2) a pour but de trancher la question, si souvent débattue, de savoir s'il existe ou non de l'oxygène libre dans la cellule vivante. Par l'emploi de l'eau oxygénée, aseez étendue pour ne pas nuire au protoplasme, l'auteur suit les réactions que produisent, dans l'intérieur de la cellule, les phénomènes d'oxydation. Il constate que des racines de *Vicia Faba*, plongées dans une solution de 0,1 à 1 p. 100 d'eau oxygénée, se colorent en rouge brun, et que le suc cellulaire des poils radicaux du *Trianea bogotensis* prend, sous la même influence, la même coloration, tandis que les poils des étamines du Tradescantia se décolorent quand la matière bleue s'oxyde. Il suffit donc d'une petite quantité d'eau oxygénée dans la plante, pour produire aussitôt des changements de coloration; on est alors en droit de conclure que le suc cellulaire ne renferme jamais, à l'état normal, de traces de cette eau oxygénée. Ces colorations ne s'observent pas chez toutes les plantes. Le *Monotropa*, la moelle et l'écorce de *Vicia Faba*, et beaucoup de plantes ou parties de plantes qui noircissent après la mort restent incolores en présence de l'eau oxygénée, sans doute parce qu'elles sont privées de certaines matières nécessaires à l'oxydation. Il est bon d'ajouter que le chromogène oxydé n'est plus réduit ni consumé, et que, dans la cellule dont la croissance est terminée, de nouveaux chromogènes n'apparaissent pas. Ces corps doivent être considérés comme des sécrétats, sans rapport avec la respiration.

(1) Dr Em. Bucherer : *Ueber Atmung der niederen und höheren Organismen.* Basel, 1888.

(2) W. Pfeffer : *Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen* (Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der kön. sächsischen Gesellschaft der Wissenchaften. Vol. XV, nº 5. — Berichte, etc., 1889-2).

L'eau oxygénée n'est qu'un faible oxydant à côté de l'ozone. M. Pfeffer met hors de doute l'absence de ce dernier corps dans le suc cellulaire, en montrant qu'il en suffit de la plus faible quantité pour tuer rapidement la plante.

Enfin, si l'on accumule dans le protoplasme de la cellule des substances colorées très facilement oxydables, comme la cyanine, le bleu de méthylène, le violet de méthyle, la safranine, on n'obtient aucune décoloration de ces substances : le protoplasme, comme le suc cellulaire ne renferme donc pas d'oxygène actif. L'oxygène de la cellule est, par suite, à l'état passif, et les chromogènes restent intacts pendant la vie, parce qu'ils ne sont qu'après la mort dans les conditions voulues pour dissocier l'oxygène passif. Quand la plante meurt, des matières primitivement séparées se réunissent et produisent des réactions qui rendent actif l'oxygène neutre : c'est ce qui arrive, comme l'a montré M. Schönbein, pour les sucs exprimés de beaucoup de plantes.

En ce qui concerne la production d'acide carbonique après la mort, M. Pfeffer combat, comme précédemment M. Johannsen, et plus récemment M. Detmer (1), l'opinion de MM. Reinke et Brenstein. L'acide carbonique produit par les plantes mortes ne l'est jamais qu'en faible quantité, et il est dû, soit au développement des Bactéries, soit à une oxydation de certaines matières, telles que le glycose, qui ne peut être confondue avec la respiration.

Puisque, pendant la vie, l'oxygène actif ne peut jouer aucun rôle, ni comme cause primaire ni comme cause secondaire, dans la combustion physiologique, puisqu'il n'existe pas, d'autre part, d'oxydation extracellulaire, M. Pfeffer fait résider la cause des phénomènes respiratoires dans le renouvellement continuel des affinités d'oxygène. Ces affinités trouveraient leur complète satisfaction dans l'excès d'oxygène neutre. Les conclusions précédentes restent applicables si, comme c'est probable, la cellule retient l'oxygène passif à la manière du sang, dans un état de combinaison faible.

Avant de passer maintenant en revue les travaux récemment parus sur l'absorption et la transpiration d'eau par la plante, nous pouvons placer ici, formant un chapitre à part, les recherches de M. Léon Dufour (2) sur le contenu en eau des deux variétés du Champignon de couche. Chacun sait que, dans l'une de ces variétés, les individus ont le pied long et mince, le chapeau peu étalé, tandis que, dans l'autre, le pied est court et épais, le chapeau très large. Or, constamment, les individus de la première catégorie contiennent relativement plus d'eau que ceux de la seconde. Les échantillons à pied long et mince renferment, d'autre part, une proportion d'eau plus grande dans le pied que dans le chapeau ; au contraire, pour les exemplaires à pied large et court, la proportion d'eau du chapeau est plus grande que celle du pied.

Les parties aériennes des végétaux supérieurs absorbent-elles directement l'eau liquide? Le fait de cette absorption a été contesté, mais il est mis hors

(1) Detmer : *Ueber physiologische Oxydation im Protoplasma der Pflanzenzellen* (Bot. Zeitung, 1888).

(2) Léon Dufour : *Recherches sur le contenu en eau des deux variétés du Psaliota campestris* (Bulletin de la Soc. mycologique de France, t. V, p. 24).

de doute par M. Chmiekewskij (1). Des branches ont été placées, en partie dans l'eau, en partie dans l'air; d'autres branches, aussi semblables que possible, ont été, au contraire, laissées complètement dans l'air. Dans la majorité des cas, les premières sont restées alors bien plus longtemps fraîches que les premières; il ne peut donc être douteux qu'elles aient absorbé une certaine quantité d'eau. Les stomates, d'après l'auteur, ne joueraient aucun rôle dans cette absorption, car, même sous l'eau, ils restent longtemps remplis d'air. La face inférieure de la feuille absorbe cependant plus d'eau que la face supérieure; mais cette différence n'est due qu'à la perméabilité plus grande de la cuticule de l'épiderme inférieur.

L'eau absorbée par l'extrémité d'une pousse plongeant dans ce liquide présente dans la plante un courant descendant. Cette eau ainsi absorbée est toujours, d'après les expériences de M. Wiesner (2), en quantité plus faible que l'eau transpirée dans le même temps par le rameau, et la pousse, dans ces conditions, se dessèche d'autant plus que les feuilles transpirent davantage. D'une façon générale, d'ailleurs, pour la plante même enracinée, les parties les plus vieilles douées d'une forte transpiration, enlèvent l'eau aux parties plus jeunes qui tendent sans cesse à se dessécher. C'est à cette dessiccation continuelle des parties jeunes que M. Wiesner attribue la disposition des ramifications terminales. La ramification en sympode, par exemple, se produit chez les plantes à feuilles alternes, quand chaque feuille croît si rapidement que la feuille supérieure retarde sur le développement de la feuille située au-dessous. La transpiration s'élevant sous des conditions favorables, l'apport de l'eau de la terre ne suffit plus à rétablir l'équilibre; les feuilles inférieures, plus développées, enlèvent alors l'eau de la pointe, qui se dessèche peu à peu et finit par mourir. A sa place se développe un bourgeon axillaire qui continue le rameau, et celui-ci devient un sympode à partir de la deuxième année (*Tilia*, *Ulmus*, *Fagus*, *Robinia*, etc.). Comme vérification de cette théorie, M. Wiesner a diminué la transpiration d'un *Rhamnus cathartica* et a réussi à provoquer le développement du bourgeon terminal. Dans le cas des feuilles opposées, si ces feuilles ne croissent que peu à peu (Érable), le bourgeon terminal se développe. Mais supposons la croissance rapide; le bourgeon terminal, placé entre deux forts bourgeons axillaires bien plus avancés, se dessèche, comme précédemment, par la forte aspiration des deux feuilles opposées, et on arrive au cas d'une fausse dichotomie, dont le Sureau est un exemple. C'est de la même manière que les feuilles, en transpirant fortement, suppriment le développement de leurs rameaux axillaires. Le développement de ces rameaux est en quelque sorte, inverse de celui des feuilles; il devient très grand chez les *Berberis* et les *Ribes*, où les feuilles-piquants transpirent peu. La transpiration a encore une grande influence sur l'allongement des entre-nœuds; ainsi pour cette

(1) Chmiekewskij : *Zur Frage über die Wasseraufnahme durch die oberirdischen Organe der Pflanzen* (Arbeiten der neurussischen Gesellschaft. Vol. XIII, p. 133-134 Odessa, 1888).

(2) Wiesner : *Der absteigende Wasserstrom und dessen physiologische Bedeutung* (Bot. Zeitung, janvier 1889).

raison, dans un air saturé de vapeur d'eau, la rosette des feuilles radicales du *Capsella* se dissocie. La cause directe de tous ces phénomènes est du reste, moins la transpiration que la diminution de la turgescence des cellules, qui en résulte.

La transpiration est bien plus grande à la lumière qu'à l'obscurité; il est donc admissible de penser qu'elle est une fonction de la chlorophylle. M. Henslow (1) la considère cependant comme une fonction du protoplasma seul. Il s'appuie sur ce fait que des Champignons et des pousses de Chou nain étiolées, exposés à des lumières de différentes couleurs, ont montré les mêmes maxima (blanc, violet et rouge) et les mêmes minima (jaune et obscurité) d'évaporation que les plantes à chlorophylle. Quand la chlorophylle apparaît, la transpiration est augmentée, il est vrai, mais simplement, pense M. Henslow, par la propriété qu'a cette substance d'absorber la lumière, de la transformer en chaleur, et d'élever la tension de la vapeur d'eau dans les espaces intercellulaires.

Ainsi, une partie des rayons lumineux absorbés par la chlorophylle est employée à la décomposition de l'acide carbonique, l'autre partie, soit par sa transformation en chaleur, soit d'une tout autre manière, provoque la transpiration. Il est donc à prévoir que si, par un moyen quelconque, on arrive à supprimer le premier de ces deux phénomènes, l'assimilation, toute l'énergie des rayons lumineux absorbés se reportera sur la transpiration, qui en sera notablement augmentée.

C'est ce que, personnellement (2) j'ai eu l'occasion d'établir en élevant des plantes dans un milieu éclairé dont l'acide carbonique était continuellement absorbé par la potasse. L'arrêt, ainsi produit, de l'assimilation chlorophyllienne a régulièrement entraîné une élévation correspondante de la transpiration.

(*A suivre.*) Henri Jumelle.

(1) : Henslow : *Transpiration of living protoplasma* (Journal of the Linnean Society, Botany, XXIV).

(2) Henri Jumelle : *Assimilation et transpiration chlorophylliennes* (Revue générale de Botanique, janvier 1889).

Corbeil. — Imprimerie Crété.

SUR LES VARIATIONS

DES

ALTERNARIA ET DES CLADOSPORIUM

Par M. J. COSTANTIN.

(Fin.)

Cladosporium.

Ce Champignon, bien qu'un des plus communs, n'a jamais pu être décrit avec une grande précision à cause de la variabilité de ses caractères microscopiques. Il forme fréquemment des touffes épaisses, arrondies, hémisphériques, composées de filaments ramifiés, distincts, serrés les uns contre les autres; ces derniers portent vers leur extrémité des spores ou des chapelets de spores unicellulaires, bi ou pluricellulaires. Dans ce dernier cas, les cloisons secondaires sont parallèles et les dimensions sont bien plus grandes, et, comme je l'ai déjà dit, ces spores se confondent avec les articles supérieurs du filament fructifère.

Cette définition correspond à peu près au type moyen de la plante tel qu'il a été représenté par M. Saccardo dans « Fungi italici » (fig. 82, A, p. 504), mais il est difficile, presque impossible de comprendre tous les aspects de la plante dans une diagnose. Fresenius (1) avait déjà entrevu quelques-unes de ces variations, car il signale que la tige peut être simple ou ramifiée, droite ou non, les spores monocellulaires ou bicellulaires ou pluricellulaires; il indique même une forme *repens*, mais il ne mentionne pas la transformation la plus importante en *Penicillium*

(1) Fresenius : *Beiträge zur Mykologie*, p. 24.

(*Hormodendron*) *cladosporioides* Fres.; puisqu'il est le créateur de cette dernière espèce, le nom qu'il lui a donné indique cependant qu'il avait entrevu un certain rapprochement.

Tulasne (1) paraît avoir fait cette dernière constatation, mais il ne l'a pas dit nettement, il s'est contenté de parler d'une forme naine du *Cladosporium;* on peut regretter que ce savant illustre ait un peu négligé l'étude attentive des formes imparfaites auxquelles ses belles découvertes enlevaient l'autonomie; cette étude est absolument nécessaire pour débrouiller le chaos dans lequel s'est trouvé et se trouve encore la Mycologie à la suite de ses travaux.

C'est M. Laurent (2) qui a annoncé le premier le passage du *Cladosporium herbarum* à l'*Hormodendron cladosporioides;* j'étais arrivé de mon côté depuis quelques mois à ce même résultat que j'avais négligé de publier. Comme en ces sortes de recherches les vérifications ne sont pas superflues, je crois devoir indiquer brièvement comment j'ai obtenu cette démonstration.

1° *Passage du Cladosporium à l'Hormodendron.*

La plante originelle de mes cultures a été un *Cladosporium* développé spontanément sur *Haliotis;* après plusieurs cultures sur pomme de terre, où je voyais se produire avec persistance le *Cladosporium* et l'*Hormodendron*, je parvins à isoler la première de ces formes et à la cultiver purement sur la gélose et le crottin d'antilope. Le Champignon y forme des touffes denses analogues à celles qui sont représentées figure 42, mais ce dessin n'a pu être fait qu'après avoir appliqué la lamelle de verre et par conséquent après avoir disséminé les spores. En ouvrant les cristallisoirs de culture on peut voir à un faible grossissement la disposition des spores en chapelets assez courts, quelquefois ramifiés et insérés à des hauteurs diverses (pl. 24, fig. 26). A un plus fort grossissement, on constate que les filaments fructifères sont simples, bosselés, terminés quelquefois par une pointe incolore; les spores qui s'attachent sur les parties saillantes sont le plus

(1) Carpol. II, pl. XXXII, fig. 5.
(2) Laurent : Sur le polymorphisme du *Cladosporium herbarum* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1888, novembre et décembre).

souvent monocellulaires, quelquefois bicellulaires, granuleuses à la fin. On voit que la plante issue d'un *Cladosporium herbarum* caractérisé a donné un *Cladosporium* répondant aux caractères du *C. nodulosum* Corda ou *C. elegans* Penzig. Ces deux espèces paraissent ainsi perdre leur valeur.

La culture pure de l'*Hormodendron* sur gélose et bouillon de veau se présentait avec d'autres caractères ; ce qui frappe d'abord, c'est l'aspect nouveau et la coloration noirâtre du Champignon, qui s'étale beaucoup en un gazon très court. La figure 24 (à un même grossissement que la figure 28) donne l'idée des filaments fructifères, beaucoup plus minces que dans le cas précédent et terminés par des chapelets sporifères beaucoup plus nombreux et riches. Les spores sont disposées en files, mais la ramification des chapelets se produit avec une telle abondance que l'ensemble a l'aspect d'un petit arbuscule (pl. 24, fig. 27) ; comme précédemment, on peut encore trouver une série de transitions entre les spores et les articles où l'on distingue nettement les points d'attache des spores (fig. 28). Le pied est le plus souvent coloré, mais la teinte s'atténue bien vite dans les spores, qui sont fréquemment incolores vers l'extrémité des chapelets.

Jusqu'ici, l'on ne peut être que frappé des différences des deux cultures, aussi peut-on comprendre que Fresenius n'ait pas tenté d'établir un rapprochement entre deux Champignons si nettement distincts. Or, ayant fait une préparation du *Cladosporium* pour l'examiner à loisir sous le microscope et ayant placé dessus une goutte de glycérine et d'eau, je constatai, au bout de quelques jours, que la plante avait continué à se développer et que là où se trouvait de l'air le mycélium avait fructifié, et je pus observer à tous les stades de la « nanisation » du *Cladosporium* comme en témoignent les figures 41 et 25 de la pl. 24. Tantôt c'est la hauteur du filament qui diminue (fig. 41), les spores restant les mêmes, tantôt c'est la largeur qui devient moindre et les nodulosités qui disparaissent (fig. 25, *b*). Dans ce dernier cas, on a la forme *repens* de Fresenius, mais elle peut dégénérer encore par réduction de la hauteur et diminution des spores, et donner un *Hormodendron* (fig. 25, *c*). Tous les

passages étant ainsi trouvés, la démonstration est complète.

Plusieurs conclusions restent à tirer de cette recherche relativement à la valeur des espèces de *Cladosporium* et *Hormodendron*.

2° *Examen de quelques espèces de Cladosporium et d'Hormodendron.*

C'est pour le *Cladosporium nodulosum*, que j'ai observé le passage à l'*Hormodendron*, et M. Laurent a observé la même

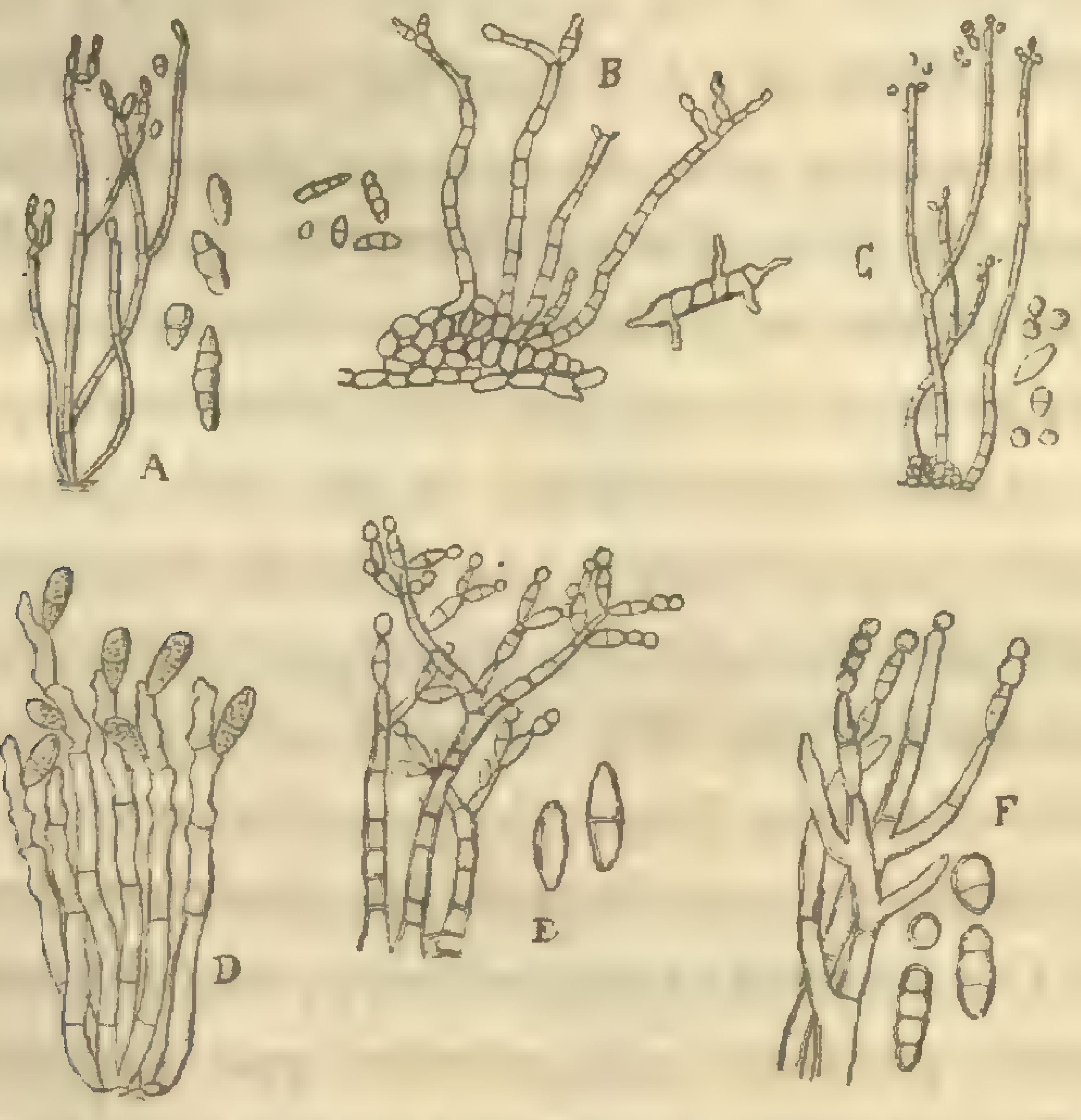


Fig. 82. — A, *Cladosporium herbarum* (d'après Saccardo). — B, même plante naissant d'un tubercule (d'après Laurent). — C, *C. sphærospermum* (d'après Penzig). — D, *C. elegans* (d'après Saccardo. — E, *G. penicillioides*. — F, *Cl. stromatum* (d'après Preuss).

transformation pour une forme de *Cladosporium herbarum* bien nette; c'est donc une raison de plus pour penser que l'espèce de Corda n'est qu'une variété.

Cette première conclusion en entraîne un grand nombre d'autres. M. Saccardo énumère 118 espèces rattachées au genre *Cladosporium*, qui sont fondées sur des caractères qui paraissent de bien faible valeur. En cultivant le *Cladosporium herbarum* sur des tiges mortes, j'ai vu les tiges fructifères naître isolément et former une petite forêt; j'ai vu également dans ces conditions se former des sortes de masses noires sclérotioïdes indiquées par

M. Prillieux (1); il peut donc sembler que les *Cladosporium entoxylum* Corda, *Cl. amphitricum* (Corda) Sacc., *Cl. stromatum* Preuss (Voyez p. 504, fig. 82, F) sont des espèces bien peu justifiées. Le *Cl. sphærospermum* Penzig (fig. 82, C) est une forme intéressante, car elle paraît intermédiaire entre le *Cl. herbarum* et l'*Hormodendron cladosporioides;* elle se rapproche du premier par le grand développement de la tige fructifère ainsi que la ramification; elle se rattache au second par la petitesse des spores. J'ai vu naître une forme semblable en cultivant l'*Hormodendron* en tube Pasteur cylindrique sur un fragment d'*Haliotis* stérilisée plongeant dans l'acide picrique.

Le *Cladosporium elegans* Penzig me paraît ressembler beaucoup au *Cl. nodulosum* Corda, car le parasitisme sur les feuilles de *Citrus* n'est pas un caractère de beaucoup de valeur, puisque M. Prillieux l'a retrouvé pour un *Cladosporium herbarum* type.

Le *Cladosporium penicilloides* Preuss (Voyez p. 504, fig. 82, E) me paraît également une forme de transition vers l'*Hormodendron.*

Il existe enfin une foule de formes qui n'auraient jamais dû être données comme spécifiques, car elles ne sont caractérisées que par des filaments un peu plus longs ou plus ramifiés ou par le substratum sur lequel on les observe, ce dernier caractère est de faible importance, ces plantes se développant sur les milieux les plus divers.

Un travail d'élimination de toutes les formes insuffisamment étudiées mériterait d'être entrepris en partant d'échantillons bien typiques; on arriverait ainsi, je crois, à une singulière simplification de ces genres si compliqués.

On sait que Loew (2) avait autrefois entrepris un pareil travail sur les espèces voisines de l'*Hormodendron cladosporioides,* et qu'il était arrivé à se convaincre du manque de criterium pour définir les espèces voisines : *H. chlorinum*, *H. nigro-virens* et *H. viride.*

(1) Prillieux : *Bull. de la Soc. Myc.* 1888.

(2) Loew : Zur Entwickelungsgeschichte von *Penicillium* (*Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1869-70, t. VII, p. 504). Loew regardait comme vraisemblable l'identité du *Penicillium* (*Horm.*) *cladosporioides* et du *Cladosporium penicilloides* Preuss.

On peut donc espérer arriver à simplifier notablement la Mycologie qui paraissait devenir de plus en plus inabordable.

Je crois utile, en terminant, d'indiquer quelques formes notables de *Cladosporium* que j'ai pu observer.

L'une d'elles fut rencontrée sur l'acide picrique ayant autrefois contenu des animaux. La tige fructifère était assez peu épaisse, très irrégulière, sinueuse, coudée à l'extrémité en une sorte de bec dirigé vers le bas, simple le plus souvent. Les spores étaient petites, unicellulaires, d'un vert noirâtre, verruqueuses ou non, germant très facilement, quelquefois incolores. Semées sur l'agar-agar, elles ont donné des individus plus grands (fig. 40, pl. 24) dont le mycélium donnait à sa périphérie des bourgeonnements très nombreux, incolores, granuleux (fig 39). Sur l'acide picrique, en certains points, la forme primitive présentait des tiges fructifères plus ou moins submergées dont les spores terminales germaient sur place (fig. 29) et donnaient une sorte de levure incolore que l'on observe plus différenciée en d'autres points.

Une autre forme fut observée (fig. 34-38) sur des vieux fruits desséchés d'une Cucurbitacée maintenue depuis longtemps sous cloche. On voit d'une masse dense et noire partir des filaments le plus souvent simples, formés par des chapelets de spores uni, bi ou tricellulaires, qui se transforment à la base en cellules plus longues et aussi étroites. En quelques endroits les chapelets se ramifient et d'après un mode qui rappelle beaucoup celui des *Alternaria* (comp. fig. 35 et 33, pl. 24). A la base du tubercule on observe des cellules renflées rappelant un peu les spores des *Alternaria*. J'ai pu obtenir l'*Hormodendron* de la culture de cette forme ; ses affinités avec les *Cladosporium* m'ont donc paru certaines. Il est à remarquer qu'en culture artificielle j'ai obtenu par transformation de l'*Alternaria* des aspects rappelant beaucoup ceux que j'ai observés dans ce cas (pl. 23, fig. 20-21-23).

En résumé, on peut obtenir, par la culture des *Alternaria*, des formes ressemblant d'une manière manifeste aux *Cladosporium*; l'observation pure confirme et complète ce résultat en multipliant les termes de passages jusqu'à une forme qui peut se repro-

duire comme *Cladosporium*. Cette dernière forme peut se transformer en *Hormodendron*.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche 23. — *Alternaria*.

Fig. 1. — *Alternaria* développé sur gélose et décoction de crottin présentant de longs chapelets ramifiés à spores toutes cloisonnées.

Fig. 2-3. — *Alternaria* développé sur l'acide picrique dont les filaments sporifères supérieurs ont des spores d'*Alternaria* reconnaissables et dont les filaments inférieurs se différencient en *Cladosporium*.

Fig. 4. — Touffe fructifère en relation avec les précédents filaments.

Fig. 5. — Touffe fructifère analogue obtenue artificiellement par culture sur la gélose et le bouillon naissant d'une sorte de tubercule.

Fig. 6. — Tubercule analogue observé sur l'acide picrique plus développé encore et produisant des spores identiques à celles des *Cladosporium*.

Fig. 7. — Début de la formation d'un tubercule sur l'acide picrique en relation avec des parties fructifères d'*Alternaria* encore reconnaissable en bas de la figure.

Fig. 8. — Passage d'un *Alternaria* à un appareil à spores beancoup plus petites (sur l'acide picrique).

Fig. 9. — Forme observée sur l'acide picrique et établissant encore le passage au *Cladosporium*.

Fig. 10. — Aspect des premières cultures d'*Alternaria* sur gélose et bouillon à chapelets courts, à spores souvent cloisonnées une fois.

Fig. 11. — Réduction de l'*Alternaria* à la périphérie des cultures sur le précédent milieu. On y voit les transitions entre les spores et les articles supérieurs d'un filament.

Fig. 12-18. — Divers aspects d'une culture d'*Alternaria* sur gélose et bouillon issue d'une culture sur jus d'orange.

Fig. 19 à 23. — Aspects d'une quatrième culture sur l'agar-agar et le bouillon de veau.

Planche 24. — *Cladosporium*.

Fig. 24. — *Hormodendron cladosporioides* dessiné à un faible grossissement.

Fig. 25. — Passage du *Cladosporium* forme *nodulosum* (a) à la forme *repens* (b) et à l'*Hormodendron* (c).

Fig. 26. — *Cladosporium nodulosum* vu à un faible grossissement et comparable à la figure 24.

Fig. 27. — *Hormodendron* à un plus fort grossissement.

Fig. 28. — Spores de ce dernier germant.

Fig. 29. — Transformation de l'*Hormodendron* par germination des spores sur place, sur l'acide picrique.

Fig. 30. — *Cladosporium* à un fort grossissement comparable à la figure 27.

Fig. 31. — Spores.

Fig. 32. — Touffe du *Cladosporium* développé sur agar-agar et décoction de crottin.

Fig. 33. — *Alternaria* développé spontanément sur un *Haliotis* et présentant des termes de régression vers les *Cladosporium*.

Fig. 34 à 38. — Forme de *Cladosporium* observée sur des fruits desséchés d'une Cucurbitacée.

Fig. 39 et 40. — *Cladosporium* développé sur la gélose nutritive issu d'une forme observée sur l'acide picrique.

Fig. 41. — Forme naine de *Cladosporium*.

RECHERCHES

SUR

LES TUBERCULES

Par M. A. SEIGNETTE

(*Suite.*)

---

9. *Veratrum album.* — 1° *Morphologie extérieure.* — Le *Veratrum album* est une Colchicacée alpine dont les feuilles se

Fig. 83. — Parties souterraines du *Veratrum album* : 1, 2, 3, 4, renflements successifs du rhizome ; le renflement 3 se termine par la tige aérienne ; 4, bourgeon qui donnera le renflement souterrain et la tige aérienne de l'année prochaine ; *r*, racines.

Fig. 84. — Coupe longitudinale des parties souterraines du *Veratrum album* : 1, 2, 3, 4, renflements successifs ; *m*, tissus morts des renflements 2 et 1.

développent en même temps que les fleurs. Le rhizome de cette plante (fig. 83) est oblique et se compose en général de trois renflements (1, 2, 3, fig. 83) séparés les uns des autres par des

étranglements plus ou moins profonds. On observe en outre un quatrième renflement plus petit (4, fig. 83).

On reconnaît facilement, sur chacune de ces masses, la cicatrice des tiges aériennes des années précédentes. Sur le renflement le plus élevé se trouve la tige feuillée de l'année actuelle; puis au-delà et au-dessous de l'insertion de cette tige feuillée, on voit, à la fin de la saison, un bourgeon bien développé ayant environ 3 à 4 centimètres (4, fig. 83 et 84). Ce bourgeon s'est développé à l'aisselle de l'une des feuilles engainantes du renflement le plus élevé du rhizome, et du même côté que le bourgeon qui a donné la tige feuillée actuelle.

A la base de ce jeune bourgeon, on peut même, à l'automne, apercevoir un léger renflement, première ébauche du bourgeon qui donnera dans deux ans une tige feuillée nouvelle.

Le renflement du rhizome qui se termine par la tige feuillée actuelle est formé entièrement de tissus vivants gorgés de réserves et porte des racines adventives très charnues (*r*, fig. 83) qui traversent les feuilles engainantes. C'est donc dans ces racines et surtout dans l'article le plus élevé du rhizome que sont accumulées les réserves devant servir l'année suivante au premier développement du bourgeon 4.

Le second renflement du rhizome ne renferme de tissus vivants que dans sa partie moyenne; tout l'extérieur (*m*, fig. 84) est mort ou en voie de décomposition, ainsi que les racines. Enfin, le troisième et le plus ancien des trois articles du rhizome ne renferme que des tissus morts; l'on n'y trouve plus trace des feuilles.

La plante se propage chaque année en enfonçant son rhizome de telle façon que le renflement actuel viendra l'année prochaine au niveau qu'occupe cette année le renflement précédent, et ainsi de suite, l'inclinaison du rhizome par rapport au sol restant sensiblement la même. Il est alors facile de se rendre compte du déplacement de la plante : elle avance, chaque année, et du même côté, d'une longueur égale à la moitié de la longueur d'un article du rhizome.

2° *Anatomie.* — Une coupe transversale de l'article supérieur

du rhizome de *Veratrum* fait voir un cylindre central dont la moelle *m* (fig. 85) est entourée de nombreux faisceaux libéro-ligneux et limitée par un réseau radicifère *rr* qui est en relation avec les racines adventives. En dehors de ce réseau fortement lignifié, se trouve une écorce très développée *ec* (fig. 85), protégée contre les agents extérieurs, non par un liège, mais par une zone de sclérenchyme (*s*, fig. 85) à fibres épaisses et très lignifiées.

C'est dans tout le parenchyme, et surtout dans celui de l'écorce, que sont accumulées les réserves nutritives (amidon et sucres).

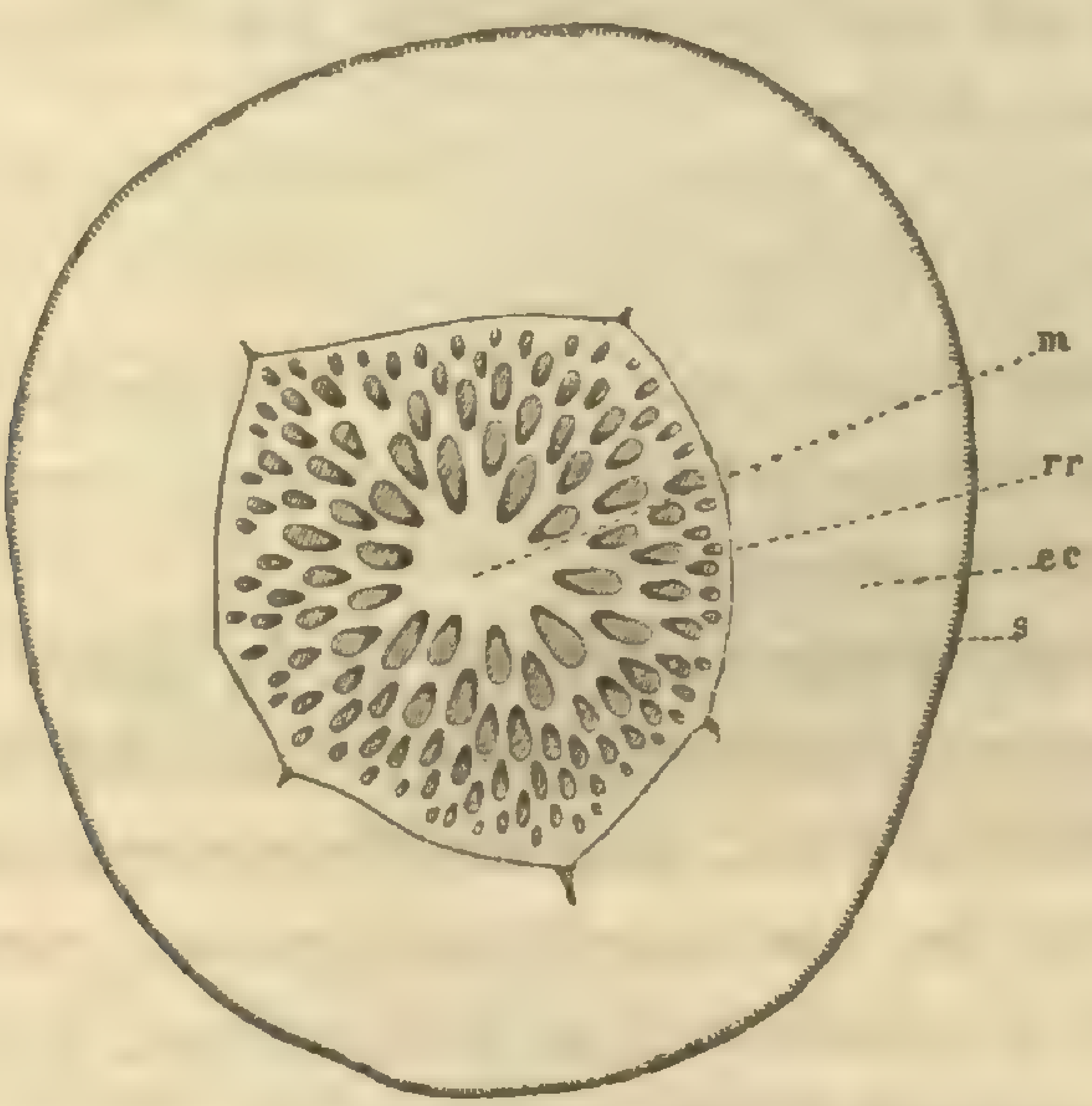


Fig. 85. — Coupe transversale du rhizome du *Veratrum album* (correspondant à 1, fig. 83); *s*, sclérenchyme hypodermique; *ec*, écorce; *rr*, réseau radicifère entourant de nombreux faisceaux libéro-ligneux; *m*, moelle.

Dans les racines charnues, ces substances se trouvent presque exclusivement dans l'écorce.

Les racines adventives de l'article du rhizome qui correspond à la tige feuillée de l'an dernier sont presque détruites ou réduites à leur cylindre central. Ces racines en décomposition, ainsi que la partie périphérique du renflement 2, sont attaquées par le *Bacillus Amylobacter*, que j'y ai trouvé en très grande quantité.

10. *Convallaria maialis*. — Dans le Muguet, on sait que la propagation et la multiplication se font au moyen de rhizomes

étroits et allongés; les réserves s'accumulent surtout dans la partie renflée qui se trouve à la base des futures tiges aériennes.

Si l'on compare une coupe faite au travers de cette partie renflée avec une coupe faite dans la partie mince du rhizome, on voit que les réserves sont accumulées dans l'écorce et dans le tissu conjonctif du cylindre central; les faisceaux libéro-ligneux qui étaient presque disposés sur un seul cercle dans la partie étroite du rhizome sont, au contraire, plus nombreux et disposés sur plusieurs cercles dans la partie renflée : la lignification du bois est bien moindre dans ces faisceaux que dans ceux de la partie mince.

11. *Polygonatum vulgare.* — Le développement de la tige souterraine du Sceau-de-Salomon est bien trop connu pour qu'il soit utile de le résumer ici.

Si l'on fait une coupe au travers de la partie épaisse de ce rhizome, on remarque que les réserves se font à la fois dans l'écorce et dans le cylindre central, dans tout le parenchyme qui sépare les uns des autres les faisceaux libéro-ligneux ; ces derniers sont moins lignifiés et entourés d'un parenchyme beaucoup moins développé que ceux de la tige aérienne.

12. *Iris germanica.* — On sait que dans l'*Iris germanica* les rhizomes, entièrement renflés et rameux, servent à multiplier et à perpétuer la plante; ils renferment d'abondantes provisions de réserves dans toute leur étendue.

Je rappellerai seulement en quelques mots la structure bien connue de cette tige souterraine ; le cylindre central renferme de nombreux faisceaux, et les réserves s'accumulent dans le parenchyme qui les sépare les uns des autres, ainsi que dans la moelle. Autour du cylindre central, on voit une écorce nettement indiquée, presque entièrement parenchymateuse et qui renferme aussi des réserves; cette écorce est protégée par un liège très développé.

Si l'on étudie la distribution des substances de réserve dans un rhizome d'Iris à l'état de vie ralentie, on trouve la disposition suivante pour l'amidon, les saccharoses et les glucoses : les cellules de la moelle sont gorgées de très gros grains d'amidon; il y a aussi un assez grand nombre de grains d'amidon dans les cellules du parenchyme qui se trouve entre les faisceaux ; l'amidon est au contraire moins abondant dans l'écorce où on ne le trouve qu'en grains sensiblement plus petits.

Un certain nombre d'analyses des liquides renfermés dans la plante et obtenus par compression, analyses faites au moyen de la liqueur de Fehling, avec interversion et sans interversion par l'acide sulfurique, ainsi que le traitement direct des coupes par le même réactif, ont fait voir que les saccharoses sont très abondants et presque également distribués dans les cellules parenchymateuses; les glucoses semblent au contraire peu abondants et m'ont paru localisés surtout dans les régions qui entourent les faisceaux et dans le voisinage de l'assise génératrice du liège.

13. *Avena elatior*, *var.* *bulbosa* (*Avena bulbosa Willd.*). — Cette variété d'*Avena elatior* s'observe surtout dans les champs cultivés, où les chapelets de tubercules formés par les entre-nœuds renflés des tiges souterraines sont redoutés des cultivateurs. Tandis que la variété des prairies accumule ses réserves dans des rhizomes allongés, la variété *bulbosa* les renferme dans des tubercules ovoïdes représentés par la figure 86; ces tubercules peuvent passer l'hiver à l'état de vie ralentie et subir une forte dessiccation sans périr. Royer a observé de nombreux intermédiaires entre le type à rhizome allongé non tubérifié et la variété *bulbosa :* ces intermédiaires étaient donnés, soit par des tiges à tubercules ovoïdes (1), soit, comme j'ai eu l'occasion de le vérifier, par des tiges présentant une alternance d'entre-nœuds globuleux avec des entre-nœuds cylindriques et allongés.

(1) Royer : *Flore de la Côte-d'Or*, p. 579.

Tandis que l'écorce jouait un rôle plus ou moins important dans la tubérification des tubercules précédents, le développement de cette partie de la tige est presque nul dans l'*Avena elatior :* une coupe transversale faite au milieu d'un entre-nœud renflé montre une tige pleine, presque uniquement constituée par le développement du cylindre central : au milieu, on voit la moelle, puis des faisceaux de plus en plus nombreux, séparés par un parenchyme à parois minces (fig. 88); c'est seulement

Fig. 86. — Renflements souterrains de l'*Avena elatior*.

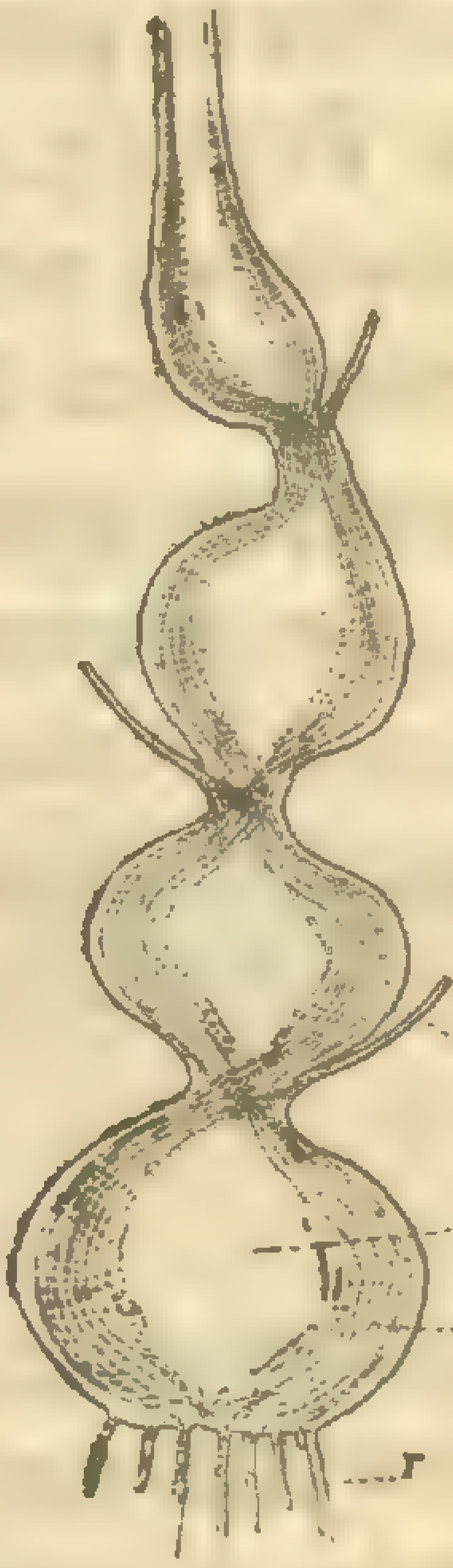


Fig. 87. — Coupe longitudinale des renflements souterrains; *f*, feuille; *lb*, faisceaux libéro-ligneux; *m*, moelle; *r*, racines.

près de la surface que ce parenchyme devient sclércux; aux entre-nœuds, les faisceaux s'entre-croisent et vont se rendre dans la gaine déchirée des feuilles souterraines.

On voit que la structure de cette partie renflée de l'*Avena elatior* est très analogue à celle de la tige aérienne : les différences de structure de ces deux régions de la tige consistent seulement en ce que, dans la tige renflée, la moelle, au lieu de se résorber, persiste et se gorge d'amidon, et en ce que la partie lignifiée et silicifiée du cylindre central y est relativement moindre par rapport au parenchyme à parois minces.

La figure 87, qui représente le schéma d'une coupe longitudinale de la tige renflée, montre comment les faisceaux, écartés les uns des autres dans la partie tubérifiée, se rapprochent et s'entre-croisent aux nœuds. La figure 4 (pl. 20) montre une

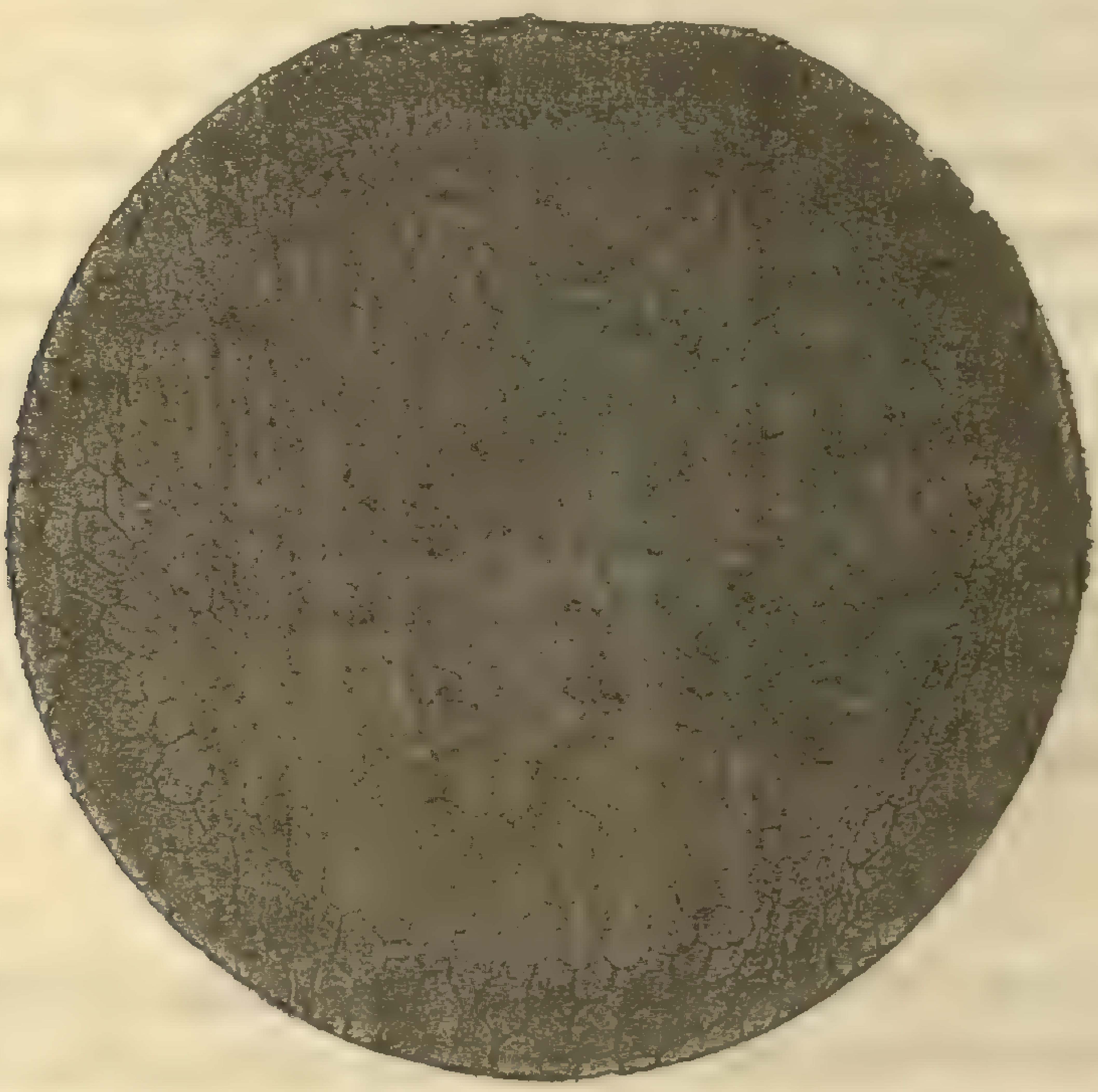


Fig. 88. — Fragment d'une coupe transversale de la partie tubérifiée d'*Avena elatior*.

coupe transversale faite à l'un des nœuds; on y distingue les faisceaux libéro-ligneux dont beaucoup se recourbent et sont, par suite, coupés obliquement.

14. *Dioscorea Batatas*. — Le tubercule de *Dioscorea Batatas* est constitué par un rhizome en forme de massue allongée qui s'enfonce dans le sol presque verticalement jusqu'à une profondeur qui peut dépasser un mètre; la largeur du tubercule atteint souvent trois centimètres : sur ces rhizomes se forment des bourgeons charnus (bulbilles), qui peuvent se détacher du rhizome, pour reproduire et perpétuer le végétal.

Une coupe transversale du tubercule montre que la tubérification est ici uniquement formée par le cylindre central, dont les faisceaux sont extrêmement réduits et peu lignifiés; le

cylindre central est protégé extérieurement par un liège.

Les réserves sous forme d'amidon sont très abondantes ; il y a aussi une quantité considérable de glucoses, et une quantité relativement beaucoup moindre de saccharoses.

15. *Smilax aspera.* — La tige souterraine du *Smilax* présente des renflements considérables dans la ramification de ses parties souterraines : en certains points les rameaux sont extrêmement nombreux, et la partie renflée peut avoir jusqu'à 5 centimètres de diamètre; c'est dans ces épaississements que s'accumulent d'abondantes provisions de nourriture qui se localisent dans le parenchyme séparant les faisceaux libéro-ligneux ; il n'y a pas de liège, mais le tubercule est protégé par une épaisse couche de fibres épaisses, d'un jaune brun.

16. *Crocus vernus.* — Le bulbe de *Crocus* est formé par un renflement considérable de plusieurs entre-nœuds de la tige souterraine, qui devient grêle immédiatement après ce renflement. Sur cette partie souterraine, se développent des bourgeons axillaires qui se renflent aussi en petits tubercules arrondis. Un de ces bourgeons s'accroît et donne des feuilles et des fleurs, en absorbant le tubercule dont il provient; la base de la tige aérienne ainsi formée se renfle à son tour et est, de la même manière, résorbée l'année suivante ; les autres bourgeons tuberculeux se détachent du tubercule souche et peuvent perpétuer le végétal.

Le bulbe du *Crocus vernus* se développe donc comme un rhizome indéterminé dont le tubercule d'une année détruit le tubercule de l'année précédente ; la croissance de ce rhizome est verticale, et par conséquent les tubercules se succèdent sensiblement à la même place.

Si l'on coupe en travers un tubercule de *Crocus vernus*, on voit qu'il est presque entièrement formé de tissu cortical où s'accumulent toutes les réserves. A un certain niveau, la coupe trans-

versale passe à la fois par le cylindre central qui correspond au pédoncule floral, et par celui qui correspond à la tige feuillée. Le premier cylindre central (celui du pédoncule) est entouré par l'endoderme qui présente des ponctuations très nettes ; il renferme quatre ou cinq faisceaux, au milieu desquels se trouve une moelle peu développée ; les cellules de ce cylindre central sont beaucoup plus petites que celles du tissu cortical, elles sont aussi plus serrées. Dans le second cylindre central (celui de la tige feuillée), l'endoderme n'est pas nettement reconnaissable, et les faisceaux libéro-ligneux, qui sont nombreux, sont très distincts les uns des autres et rangés sur plusieurs circonférences. Dans les tubercules du *Crocus vernus* à l'état de vie ralentie, j'ai constaté la présence de saccharoses, en quantité assez considérable ; les glucoses y existent aussi, mais en quantité sensiblement moindre. Les glucoses augmentent au contraire beaucoup dès que le tubercule donne naissance à des tiges feuillées.

17. *Gladiolus gandavensis.* — Le tubercule du Glaïeul est formé par le renflement de plusieurs entre-nœuds souterrains

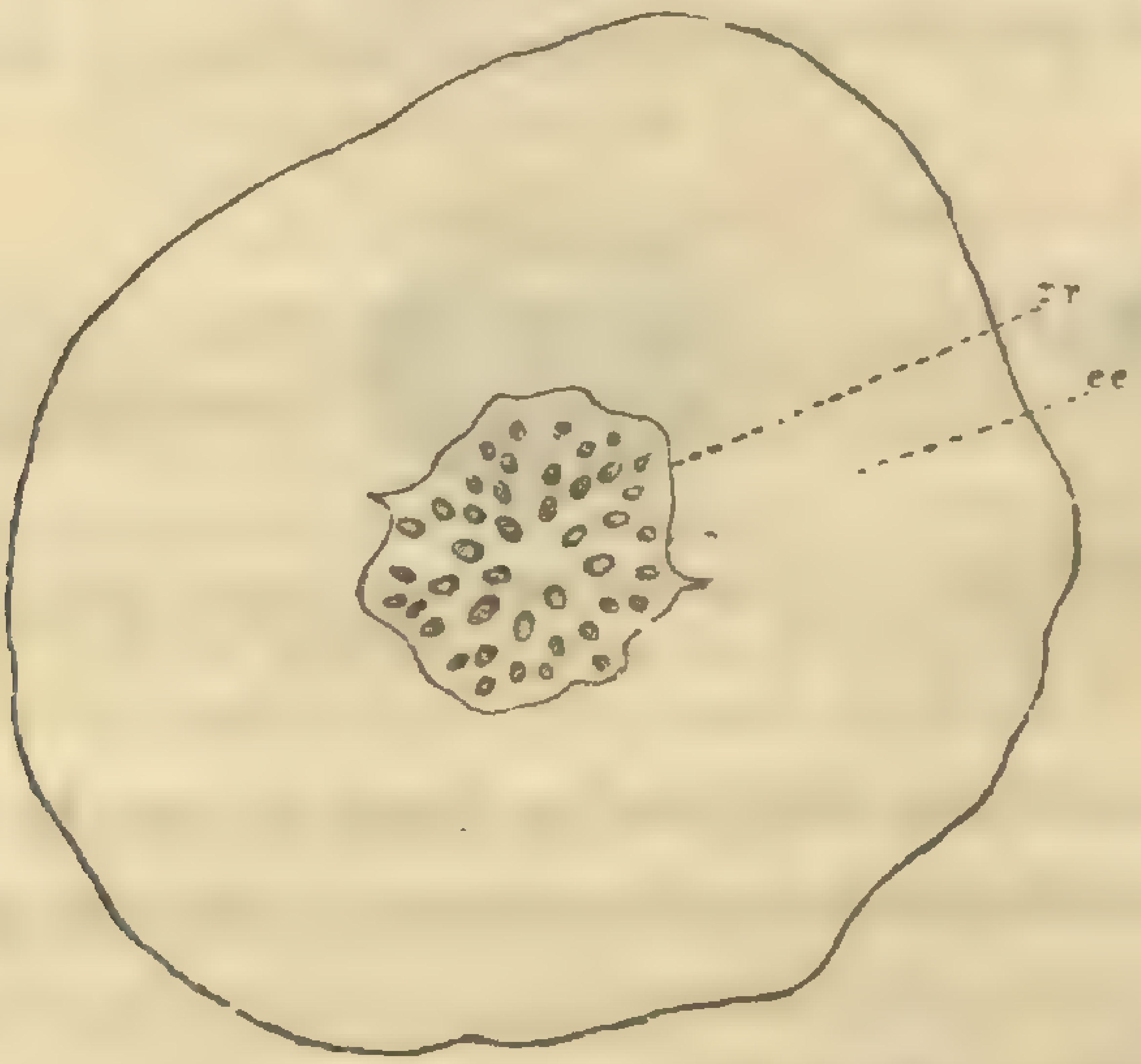


Fig. 89. — Coupe transversale du *Gladiolus gandavensis* : *ec*, écorce ; *rr*, réseau radicifère entourant le cylindre central à nombreux faisceaux libéro-ligneux.

sur lesquels se développent des bourgeons qui, eux aussi, deviennent tuberculeux : c'est un rhizome indéterminé à croissance verticale.

Une coupe transversale à travers la partie médiane du tubercule (fig. 89) montre une structure qui rappelle celle du *Veratrum album :* l'écorce *ec* y est toutefois beaucoup plus développée, et c'est dans cette partie de la tige que s'accumulent les réserves. On voit dans le cylindre central un grand nombre de faisceaux libéro-ligneux entourant la moelle.

Au moment où les tubercules de Glaïeul sont tout à fait à l'état de vie ralentie, c'est-à-dire quand on peut les conserver à l'état sec, on trouve qu'indépendamment de l'amidon ils renferment beaucoup de saccharoses; à ce moment du développement, c'est à peine si l'on trouve la trace des glucoses qui se développent abondamment dans le tubercule quand on le met dans la terre humide à la fin de l'hiver.

2. Tubercules formés par la tige avec développement des formations secondaires.

Tous les tubercules caulinaires que j'ai décrits jusqu'à présent avaient peu ou pas de formations secondaires. Je vais mainte-

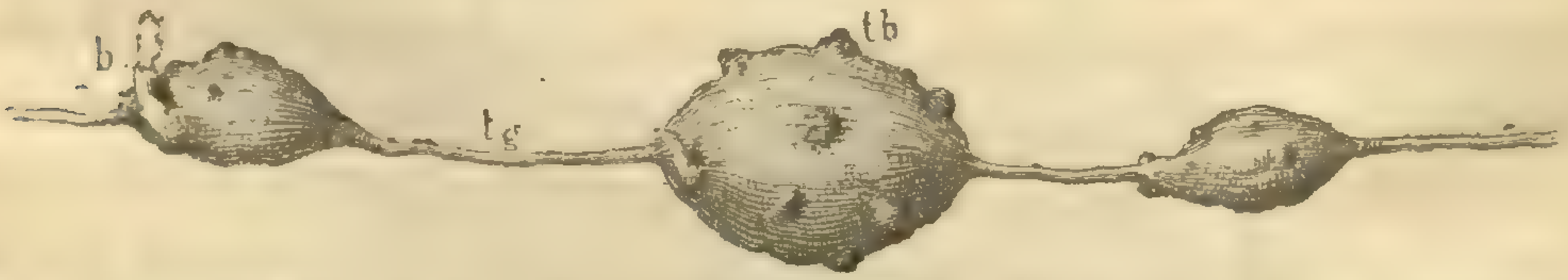


Fig. 90. — Tige souterraine d'*Apios tuberosa : tg*, partie grêle; *tb*, tubercule; *b*, bourgeon se développant.

nant étudier quelques tubercules formés par la tige et où les formations secondaires intralibériennes sont très développées.

18. *Apios tuberosa*. — 1° *Morphologie externe*. — Les tubercules de l'*Apios tuberosa* (fig. 90) sont formés par un rhizome composé d'une suite d'entre-nœuds dont la partie supérieure est renflée, ce qui fait que cet organe se compose d'une série de

renflements ovoïdes séparés les uns des autres par des parties grêles.

L'ensemble d'une partie grêle et d'une partie renflée forme un entre-nœud. La dimension des tubercules successifs va généralement en augmentant de la base du rhizome jusqu'au milieu, et diminue ensuite du milieu à l'autre extrémité. Sur chaque tubercule, prend naissance un bourgeon : le tubercule constitue la réserve nécessaire au développement de ce bourgeon.

2° *Anatomie.* — La comparaison entre la structure de la partie grêle du rhizome et celle de la partie tubérifiée nous montre des différences assez curieuses.

a. Description de la coupe de la partie grêle d'un entre-nœud (B, fig. 92). — La tige grêle est presque entièrement formée par le cylindre central : les faisceaux libéro-ligneux sont divisés en deux groupes distincts; le péricycle bien net est formé de petites cellules que l'on voit en contact immédiat avec le liber en dedans et avec l'endoderme en dehors; le bois est entièrement lignifié, et la moelle composée de grandes cellules à parois minces forme une lame aplatie; cette disposition est due au grand développement des faisceaux libéro-ligneux. Le rhizome est entouré d'un liège endodermique.

b. Description de la coupe de la partie renflée de l'entre-nœud (A, fig. 91). — La partie tuberculeuse est exclusivement formée par le cylindre central : chacun des faisceaux libéro-ligneux, que nous avons observé dans la coupe précédente, devient très parenchymateux en passant dans le tubercule; ces faisceaux conservent à peine quelques vaisseaux du bois *b* à l'intérieur, tout près de la moelle *m*. Vers la périphérie de ces faisceaux, on voit quelques groupes de vaisseaux du bois *v* autour desquels rayonne le parenchyme secondaire environnant; le bois est à peine lignifié dans ces vaisseaux comme dans ceux du centre. Vers l'extérieur les vaisseaux du bois *b'* sont relativement plus nombreux; ils sont entourés d'un liber secondaire peu développé; ces vaisseaux extérieurs sont aussi sensiblement plus grands que ceux de l'intérieur, dont le diamètre est très petit.

Les parenchymes des rayons médullaires et de la moelle sont tellement semblables à celui des formations secondaires des faisceaux, qu'il y a une certaine difficulté à en distinguer nettement l'origine ; de telle sorte qu'au premier abord on pourrait croire qu'il existe à la périphérie du tubercule un cercle régulier de faisceaux libéro-ligneux et qu'on prendrait volontiers pour des faisceaux épars dans la moelle les parties des formations secondaires du bois restées vasculaires. Le liège (*lg*, fig. 91) est

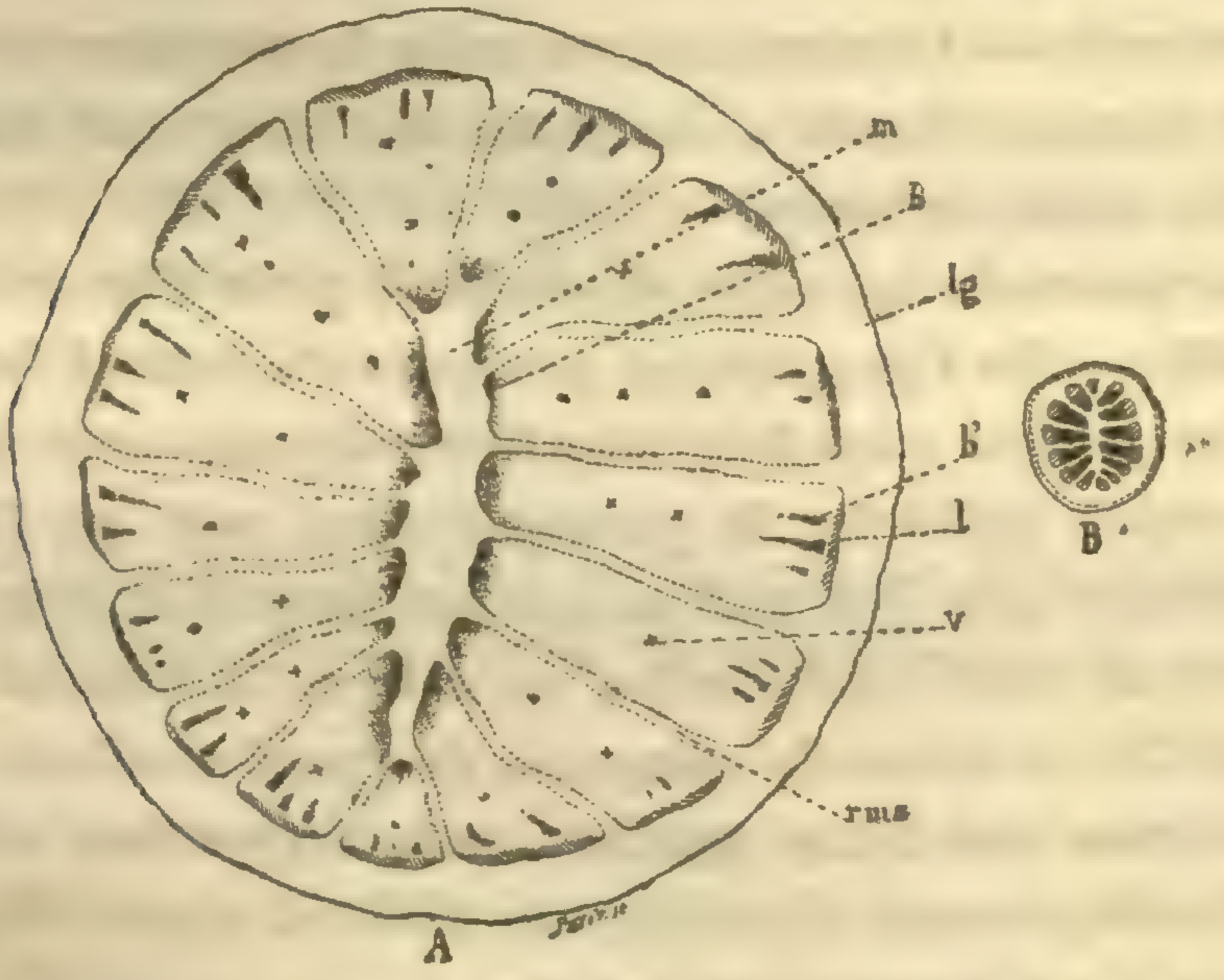


Fig. 91 (A) et 92 (B). — B, *Apios tuberosa*, coupe transversale de la tige souterraine dans sa partie grêle, montrant les faisceaux libéro-ligneux à bois lignifié (figuré en noir). — A, coupe transversale de la tige dans sa partie tubérifiée ; *m*, moelle ; *b*, bois primaire ; *b'*, parties lignifiées du bois secondaire ; *l*, liber ; *rms*, rayons médullaires secondaires ; *lg*, liège.

plus développé que dans la coupe précédente, il est très subérifié.

En résumé, presque tout le tubercule est constitué par les formations non lignifiées du bois, dont les éléments extérieurs ont, seuls ou presque seuls, conservé leur fonction d'éléments conducteurs, ceux de l'intérieur s'étant transformés en tissus de réserves.

Ces réserves consistent surtout en amidon, qui s'y trouve en très grande quantité, et en glucoses, dont la proportion est beaucoup plus faible ; je n'y ai pas trouvé de saccharoses.

19. *Helianthus tuberosus.* — Les tubercules du Topinambour sont, comme on sait, formés par des rameaux souterrains, de la même manière que ceux de la Pomme de terre.

En observant la coupe transversale de ce tubercule (fig. 93), on voit que l'écorce, très peu développée, est entourée d'un

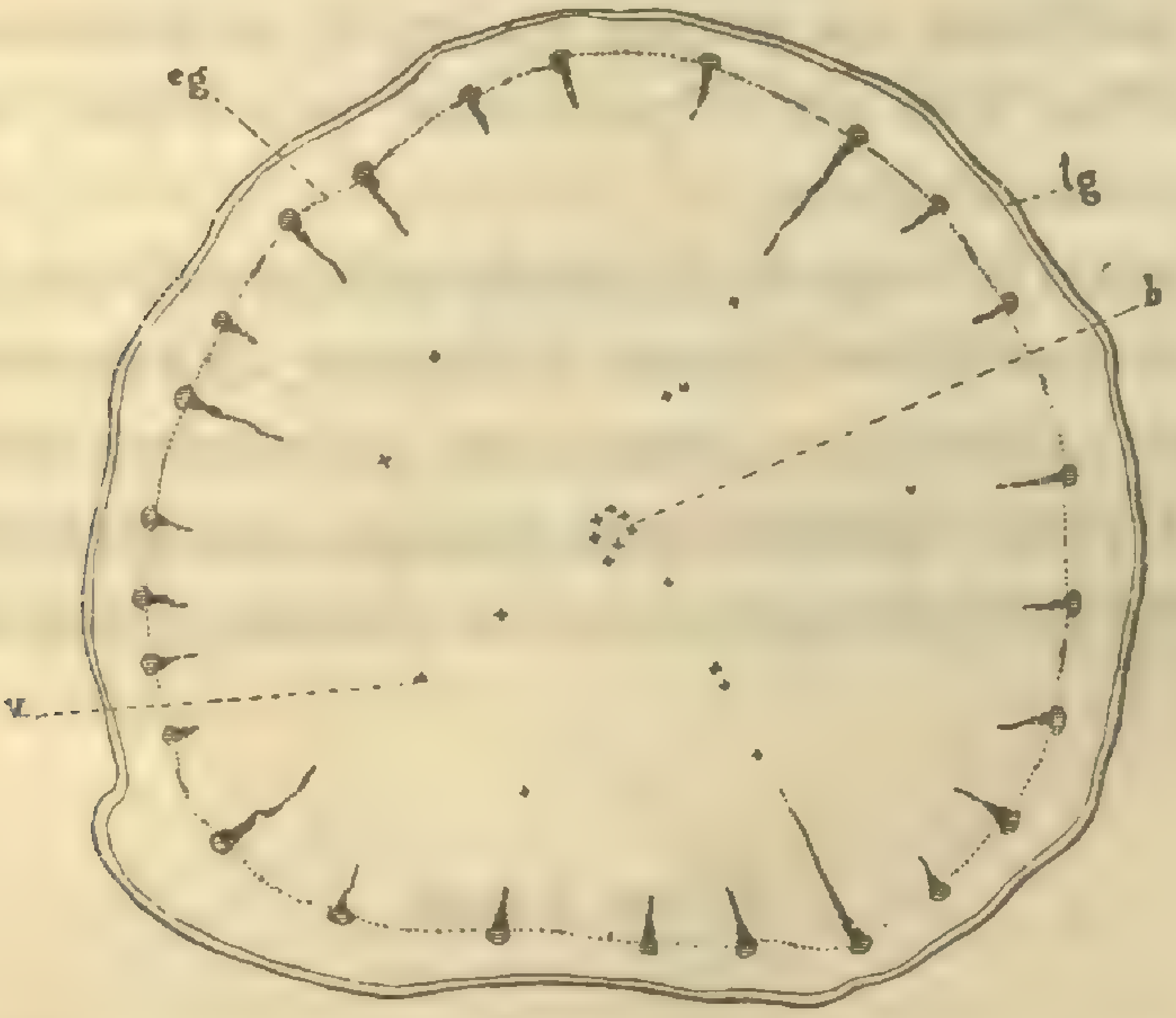


Fig. 93. — Coupe transversale du tubercule d'*Helianthus tuberosus* : *b*, bois primaire ; *v*, vaisseaux épars dans les formations secondaires ligneuses ; *cg*, couche génératrice ; *lg*, liège.

liège *lg*, que le liber est aussi très peu développé, et que la moelle est presque nulle. Le tubercule est donc tout entier constitué par les formations secondaires non lignifiées du bois. Sauf les quelques vaisseaux (*b*, fig. 93) qui entourent la moelle, et ceux isolés, *v*, dans les formations du bois, disposés en rayons, il n'y a de vaisseaux lignifiés que vers l'extérieur, dans les parties qui correspondent au liber des faisceaux primaires.

20. *Scrofularia nodosa.* — Dans la Scrofulaire, la partie tubérifiée de la tige souterraine est presque entièrement constituée par les formations secondaires ligneuses où le bois est extrêmement peu développé. Dans les tubercules de Scrofulaire, j'ai aussi constaté la présence de saccharoses bien plus abondants

dans l'état de vie ralentie et de glucoses plus considérables dans l'état de vie manifestée.

21. *Epilobium Fleischeri.* — Cette espèce, qu'on trouve surtout dans le lit des torrents élevés et sur les moraines des glaciers des Alpes, se multiplie au moyen de rejets souterrains, qui sont d'abord grêles, puis qui s'épaississent peu à peu, en prenant une consistance charnue.

En observant la coupe de la partie grêle très jeune, on observe quatre faisceaux libéro-ligneux primaires, et une écorce qui est rapidement exfoliée ; les formations secondaires sont précoces, et dans la partie épaisse, c'est presque uniquement dans le parenchyme de ces formations que se trouvent situées les réserves.

II. — Racine.

Les tubercules formés exclusivement ou presque exclusivement par la racine sont le plus souvent produits par des modifications des racines adventives, plus rarement par la racine principale.

Quelle que soit, d'ailleurs, la nature morphologique de la racine qui constitue ces tubercules, je les diviserai, comme ceux de la tige, en deux groupes, d'après la disposition de leur structure interne.

Dans le premier groupe, je place les tubercules, dont les formations secondaires ne se produisent pas, et dont la tubérisation est produite par un grand développement de l'écorce et de la moelle.

Dans le second groupe, je place les tubercules dont les formations secondaires sont, au contraire, très développées, et dont presque toute la tubérisation provient du parenchyme secondaire.

1. Tubercules formés par la racine, avec peu ou pas de formations secondaires développées.

1° *Dicotylédones.*

22. *Ranunculus asiaticus.* — Les Renoncules, telles que le *Ranunculus asiaticus*, se perpétuent et se multiplient, comme on le sait, par ce qu'on nomme ordinairement des « griffes » ; ces griffes peuvent être conservées à l'état sec, et c'est sous cette

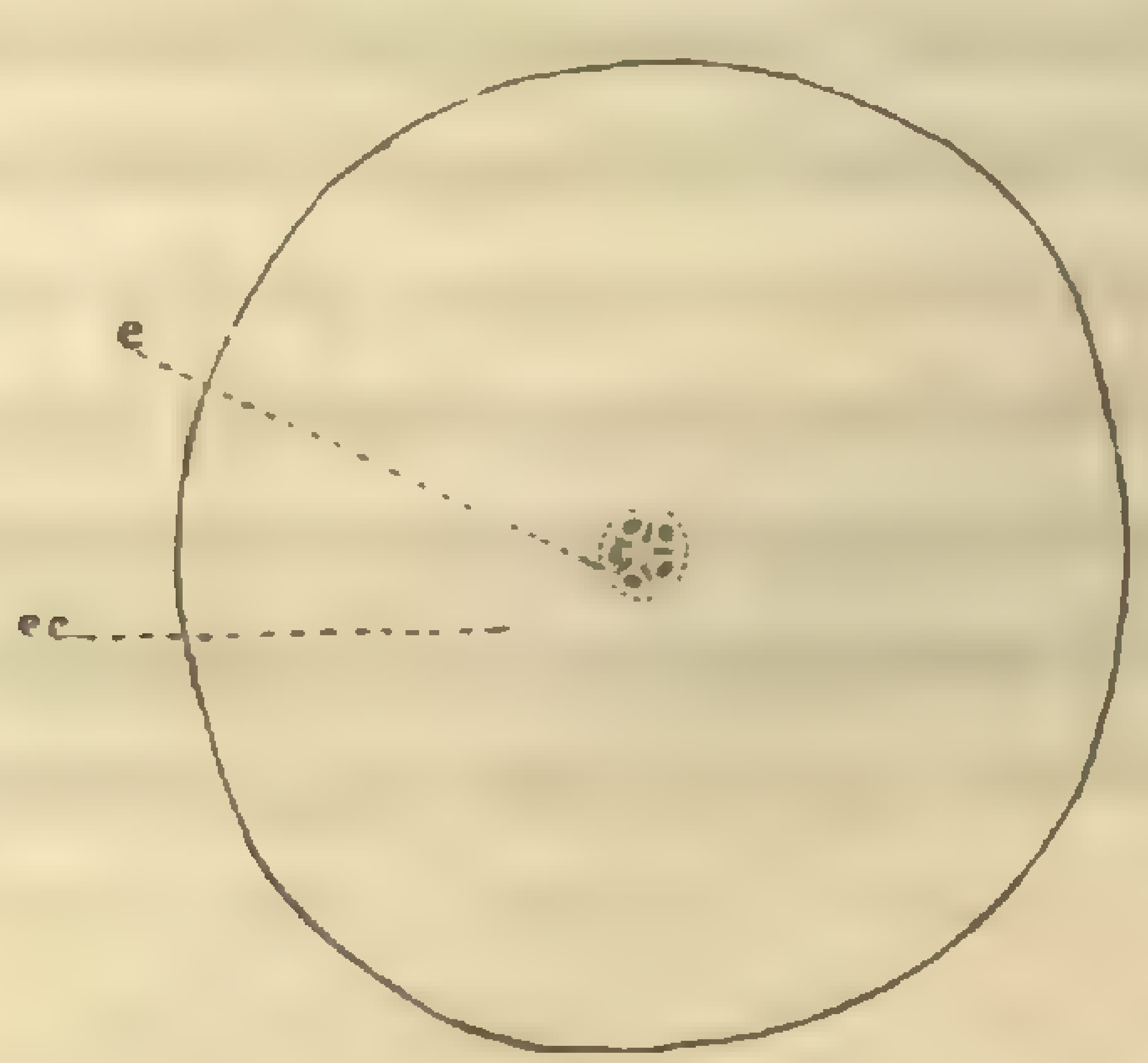


Fig. 94. — Coupe transversale de la partie renflée du tubercule de *Ranunculus asiaticus* : *ec*, écorce ; *e*, endoderme entourant le cylindre central.

forme qu'on les trouve habituellement dans le commerce. Cette plante nous présente le cas particulier d'un tubercule formé par les racines, et pouvant, comme le ferait une graine, se conserver pendant un temps assez considérable à l'état de vie ralentie.

Les griffes de la Renoncule des fleuristes sont formées par des groupes de racines adventives, ayant chacune un bourgeon à leur sommet.

La structure anatomique de ces tubercules est extrêmement simple : c'est exclusivement le grand développement de l'écorce primaire qui produit la tubérisation ; il suffit de faire une coupe transversale de l'un de ces tubercules (fig. 94), pour y constater la structure primaire qui persiste indéfiniment chez cette plante dicotylédone, et la réduction très grande du cylindre central par rapport à l'écorce (*ec*, fig. 94). M. G. Bonnier a observé une

structure tout à fait analogue dans les racines tuberculeuses des *Ranunculus monspeliacus* et *R. Chærophyllos*, dont il a étudié le développement (1).

Les réserves se présentent sous la forme d'amidon (en grande quantité), de glucoses et de saccharoses. La proportion respective de ces réserves varie beaucoup avec l'époque où on les observe ; l'amidon est toujours en quantité prépondérante, mais j'ai trouvé une différence considérable entre les quantités de glucoses et de saccharoses. A l'état de vie ralentie, le tubercule renferme peu de glucoses, et les saccharoses sont en quantité très notable ; quand, au contraire, le tubercule est en voie de formation ou de destruction, les glucoses augmentent très sensiblement et la proportion des saccharoses diminue ; il finit même par ne plus y avoir trace de saccharoses, comme je l'ai constaté dans quelques échantillons. J'ai obtenu ces résultats dans des expériences assez nombreuses, résultats toujours concordants au point de vue des variations des sucres avec le développement ; mais pour les divers échantillons, il y avait des différences assez considérables.

23. *Ficaria ranunculoides.* — Les racines tuberculeuses de la Ficaire sont aussi dépourvues de toute formation secondaire ; la moelle est, dans cette plante, un peu moins réduite que dans la Renoncule dont nous venons de parler ; l'étude de ces tubercules a d'ailleurs été faite par M. Van Tieghem (2).

2° *Monocotylédones.*

24. *Asphodelus albus.* — Il est très rare que les racines soient transformées en tubercules chez les Monocotylédones, où les réserves, comme on sait, s'accumulent ordinairement, soit dans des rhizomes, soit dans des bulbes. Toutefois, quelques plantes,

(1) G. Bonnier : *Observations sur les Renonculacées de la Flore de France* (Revue générale de botanique, t. I, 1889).

(2) *Ann. des sc. nat., Bot.*, 5e série, t. V, p. 83 et pl. X.

comme les Asphodèles, se perpétuent par la tubérisation de certaines de leurs racines adventives; je prendrai pour type les racines tuberculeuses de l'*Asphodelus albus*.

Si l'on coupe l'extrémité non tubérifiée d'une racine d'Asphodèle, on y voit la structure normale de la racine tout à fait analogue à celle bien connue de la racine d'Iris, par exemple. On compte un grand nombre de faisceaux, une vingtaine, disposés sur un seul cercle, dans un cylindre central d'un demi-millimètre de diamètre.

Si l'on compare cette coupe à celle de la partie renflée, on voit que le calibre des vaisseaux est réduit d'une manière considérable. C'est à peine si on peut distinguer le péricycle de l'endoderme, au milieu de la sclérification des cellules qui les entourent; on ne trouve donc plus guère, dans la partie tubérifiée, qu'un cylindre sclérifié, qui limite une moelle très développée et une écorce à cellules plus petites; cette écorce n'est protégée par aucun liège, elle est simplement entourée par l'assise subéreuse primaire, placée encore en dedans de l'assise pilifère qui souvent persiste, ainsi que les poils absorbants, sur toute la surface du tubercule.

25. *Simethis planifolia*. — La propagation et la multiplication de cette Liliacée se fait aussi par des racines renflées qui ont 2 centimètres de longueur, sur 5 à 10 millimètres de largeur. C'est aussi dans la moelle et dans l'écorce que s'accumulent les réserves.

26. *Asparagus officinalis*. — Les réserves, dans les parties souterraines de l'Asperge, s'accumulent, comme on le sait, dans des racines agglomérées en une même région des tiges souterraines, et dont l'ensemble forme des sortes de griffes comme chez certaines espèces de Renoncules (voyez plus haut p. 523).

Si l'on coupe en travers l'une de ces racines, on y trouve au milieu un cylindre central relativement réduit et offrant la

structure normale des racines, avec de nombreux faisceaux ligneux et libériens, alternant et laissant entre eux la moelle.

C'est donc presque exclusivement dans l'écorce, très développée, que se trouvent accumulées les substances de réserve. La zone externe de cette écorce présente un assez grand nombre d'assises subérifiées, dont les plus extérieures sont même lignifiées.

2. — Tubercules formés par la racine, avec développement des formations secondaires.

Je vais maintenant décrire la structure d'un certain nombre de tubercules de Dicotylédones où les formations secondaires intralibériennes jouent le rôle principal dans la tubérisation.

27. *Spiræa Filipendula.* — 1° *Morphologie externe.* — Dans le *Spiræa Filipendula,* la tubérisation se manifeste par des renflements successifs qui se produisent sur des racines adventives. Ces racines se développent au premier printemps, et, dès le mois de mai, les renflements sont nettement indiqués; leur diamètre augmente jusque dans le mois d'octobre; à partir de cette époque leur augmentation n'est plus sensible, et les tubercules formés entrent dans une période de vie ralentie jusqu'au printemps suivant. Alors, les tubercules commencent à s'amollir, à se rider, il se forme des cavités dans leur intérieur à mesure que se développent les tiges feuillées. On peut généralement constater l'existence d'une période de quelques jours pendant laquelle la plante vit sans avoir de réserves localisées, les tubercules de l'année précédente étant déjà complètement épuisés et ceux de l'année suivante à peine indiqués.

2° *Anatomie.* — La morphologie interne des différentes par-

ties de la racine présente des particularités spéciales à chacun de ses tissus.

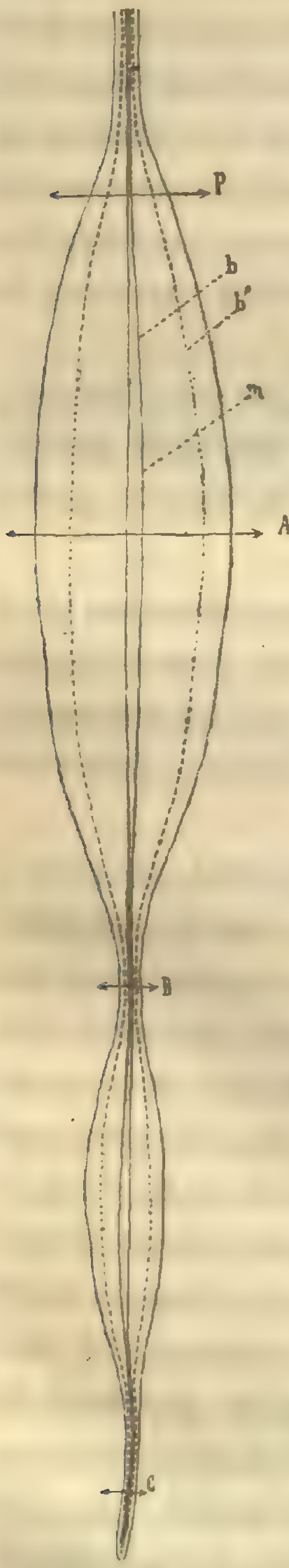
Si l'on coupe une très jeune racine de Spirée, on y trouve la structure normale d'une racine avec un petit nombre de faisceaux primaires, quatre par exemple, alternes avec quatre faisceaux libériens, un péricycle à une seule assise de cellules, un endoderme et une écorce, mais dans une racine encore très jeune, les formations secondaires libéro-ligneuses sont rapidement développées, et l'écorce est bientôt exfoliée par suite du développement d'un liège péricyclique.

Pour bien se rendre compte de la structure de ce tubercule, on peut comparer une coupe faite en B (fig. 95) dans l'intervalle de deux tubercules à une coupe faite en A, dans la partie du tubercule la plus renflée.

La coupe faite en B présente à peu près la structure que nous venons de décrire chez une racine de Spirée qui n'est déjà plus très jeune ; c'est ce que fait voir la figure 97 où l'on remarque le bois secondaire *b'*, qui renferme ici de nombreux faisceaux très lignifiés.

Si l'on considère maintenant la coupe A (fig. 96), on peut y reconnaître, avec un peu d'attention, la place des quatre faisceaux primaires *b*, dont les vaisseaux sont assez réduits et qui sont séparés les uns des autres par une moelle qui n'est pas beaucoup plus large que celle de la coupe B. Il est alors facile de se rendre compte que la majeure partie du tubercule est formée en A par les tissus qui correspondent à *b'* en B, c'est-à-dire par les formations internes de la couche génératrice intralibérienne. C'est seulement dans le rayon correspondant du liber primaire qu'on observe en série radiale *b'v* des vaisseaux du bois peu développés ; on pourrait donc presque dire que tout le tubercule est constitué par les formations secondaires ligneuses transformées en parenchyme ; la disposition radiale de ces formations est figurée en pointillé sur le schéma de la coupe A (fig. 96). En dehors de la couche génératrice *cg* on trouve un liber secondaire relativement développé, entouré par un liège abondant *lg*.

Une coupe faite en P dans la partie peu épaisse du tubercule a été photographiée directement (pl. 19, fig. 1); on y voit une



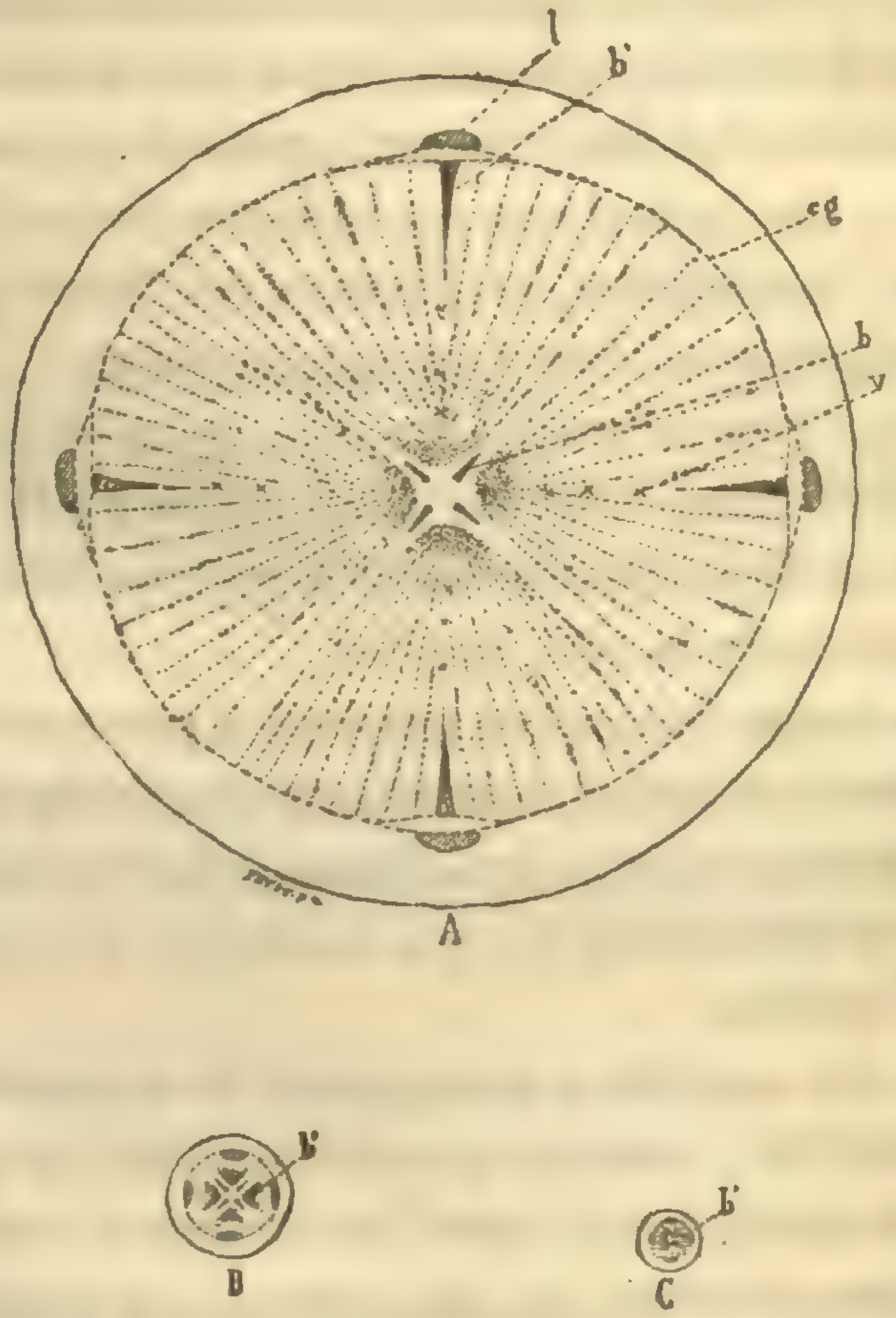


Fig. 95, 96, 97 et 98. — *Spiræa Filipendula :* à gauche, coupe longitudinale d'une racine : *b*, bois primaire, entourant la moelle (l'épaisseur du trait est proportionnelle à la lignification); *b'*, schéma du trajet de la partie lignifiée du bois secondaire externe, rabattu à 45 degrés (l'épaisseur du trait pointillé est proportionnelle à la lignification) ; A,B,C, direction des coupes ; P, direction de la coupe de la fig. 1, pl. 19. — A, en haut, à droite : coupe transversale de la partie renflée ; *l*, liber ; *cg*, couche génératrice ; *b'*, partie lignifiée des formations secondaires ligneuses qui sont représentées par des lignes pointillées ; *v*, vaisseaux épars dans ces formations ; *b*, bois primaires entourant la moelle. — B, au milieu à droite : coupe d'une partie mince intermédiaire entre deux tubercules ; *b'*, bois secondaire. — C, en bas à droite : coupe de la partie mince terminale ; *b'*, bois secondaire.

structure exactement intermédiaire entre celle de la coupe B et celle de la coupe A.

Si, en effet, nous considérons cette coupe P (pl. 19, fig. 1), nous

remarquons au milieu la moelle limitée par les quatre faisceaux primaires dont les pointes externes sont très distinctes, et entre ces quatre faisceaux primaires, quatre masses radiales lignifiées qui vont de la moelle à la couche génératrice; ces quatre masses correspondent aux quatre bandes *b'* de la coupe A, qui sont ici plus développées.

Si l'on fait une coupe en C (fig. 95) à l'extrémité d'une racine ayant donné une série de tubercules, et arrêtée dans sa croissance, on y voit (C, fig. 98) les formations secondaires des bois *b* extrêmement lignifiées, presque confondues avec les faisceaux primaires et la moelle.

Je résumerai l'ensemble de cette structure au moyen de la figure 95, qui représente un schéma de la coupe longitudinale; les lignes pleines *b* représentent la position des faisceaux du bois primaire, et sont d'autant plus épaisses que les faisceaux sont plus lignifiés. On voit aussi que la moelle est un peu plus large dans la partie tubérifiée et que les vaisseaux de bois primaire y sont moins développés.

Les lignes ponctuées représentent la partie externe lignifiée des formations secondaires ligneuses, supposées rabattues à 45 degrés sur cette coupe (correspondant à *b'*, coupe A) : la ligne ponctuée est d'autant plus marquée que le bois secondaire est plus lignifié.

On constate ainsi, plus encore que pour les formations précédentes, que la lignification est inversement proportionnelle à la tubérification.

La composition des tubercules varie aussi avec la saison à laquelle on les observe : dans les tubercules en voie de développement on trouve des glucoses; on en trouve moins dans le tubercule inactif, et l'on en trouve, au contraire, une grande quantité dans le tubercule qui commence à entrer dans la vie manifestée. Les saccharoses, qui sont en très petite quantité dans les tubercules pendant la période de la vie manifestée, paraissent, au contraire, plus abondants dans le tubercule quand il est dans la période de la vie ralentie.

L'amidon remplit presque entièrement les cellules du tuber-

cule inactif, tandis qu'on voit les grains flotter çà et là dans les cellules du tubercule en voie de formation.

On observe aussi dans ces tubercules d'assez nombreux cristaux d'oxalate de chaux; on trouve ces cristaux, même dans les très jeunes tubercules où ils sont mêlés à l'amidon; leur nombre augmente sensiblement dans les tubercules plus âgés, et l'on peut facilement constater que ces cristaux ne disparaissent pas quand le tubercule est résorbé.

28. *Campanula barbata.* — J'ai récolté à divers états de développement un grand nombre d'échantillons de cette espèce sur la chaîne du Mont-Blanc, où elle descend jusqu'à la limite inférieure de la région subalpine.

Par la comparaison d'échantillons de différents âges, il est facile de se rendre compte que dans cette espèce, comme dans la plupart des autres Campanules vivaces, c'est surtout dans la racine principale que les réserves s'accumulent tous les ans, pour passer d'une saison à une autre.

Une coupe transversale faite au milieu de la racine principale d'un échantillon jeune montre que l'exfoliation de l'écorce est rapide, par suite de la formation d'un liège profond, et que l'assise des formations secondaires fournit presque dès le début un tissu abondant; les vaisseaux du bois se disposent, dans ce tissu, en lignes radiales, les réserves se localisent dans les rayons médullaires. Peu à peu, à mesure que l'on s'adresse à des échantillons plus âgés, on s'aperçoit que la racine principale subit ordinairement une singulière torsion sur elle-même : une coupe transversale dans une racine âgée montre qu'alors les formations secondaires du bois constituent presque toute la racine contournée, de la façon suivante :

Chaque ligne, primitivement radiale, de vaisseaux du bois correspondant originairement à un faisceau primaire est alors disposée suivant une courbe et vient se terminer dans la moelle à peine développée. Tous ces rayons ainsi courbés dans le même sens semblent former, avec le parenchyme qui est

autour, comme des lames qui auraient glissé les unes sur les autres, en déchirant le milieu des rayons médullaires. Il est facile de constater que la plupart des cellules de ce parenchyme où s'accumulent des réserves riches en inuline semblent rester vivantes aussi longtemps que la plante elle-même.

J'ai récolté aussi de nombreux échantillons de *Phyteuma spicatum* ; j'y ai observé une disposition anatomique sensiblement analogue.

Comme il était naturel de le prévoir, dans les divers échantillons de Campanule ou de *Phyteuma*, appartenant à une même espèce ou à des espèces différentes, la quantité relative des tissus lignifiés varie en sens inverse de la tubérification ; c'est ainsi que ces tissus présentent le minimum de développement relatif dans la Raiponce cultivée, et son maximum de développement dans le *Phyteuma hemisphericum* récolté dans les Alpes, aux dernières limites de la végétation phanérogamique.

29. *Lathyrus tuberosus.* — Si l'on observe la germination du *Lathyrus tuberosus*, on voit que le premier tubercule est formé par le renflement de l'axe hypocotylé et de toute la partie supérieure de la racine principale. Mais ce tubercule est détruit au printemps de la seconde année, et les tubercules successifs des années suivantes sont formés par des racines adventives. Ainsi que l'a observé Royer, ces racines mettent trois ou quatre ans pour se développer complètement en tubercules. Chacun de ces tubercules porte un bourgeon à son sommet à la manière des bourgeons des Orchis.

A ce propos, il est très intéressant de faire observer que les tubercules du *Lathyrus tuberosus* et ceux d'une espèce voisine, *Orobus tuberosus* (*Lathyrus macrorhizus* Wimm.), qui sont décrits dans toutes les flores comme formés de la même manière, sont absolument différents, aussi bien au point de vue de leur développement et de leur nature morphologique qu'au point de vue de leur structure : les tubercules du *Lathyrus tuberosus* sont des racines où les réserves s'accumulent dans les forma-

tions secondaires du bois entourées d'un liège très développé; les tubercules de l'*Orobus tuberosus* sont des bourgeons renflés, comme l'a montré M. Russel (1); ces bourgeons sont nés les uns des autres, sans aucune portion radiculaire, les réserves s'accumulent en grande partie dans l'écorce, et l'on n'observe aucune trace de liège.

En résumé, on voit que dans le *Lathyrus tuberosus* c'est surtout dans les formations secondaires peu lignifiées du bois de certaines racines adventives, que les réserves (amidon, sucres, etc.) s'accumulent pendant plusieurs années, pour perpétuer et multiplier l'espèce par le développement des bourgeons qui les terminent.

30. *Dahlia variabilis.* — Dans le Dahlia, les tubercules sont formés par des racines adventives et servent à la fois à multiplier et à perpétuer la plante.

On peut se rendre compte de la structure de ce tubercule en faisant des coupes successives depuis l'extrémité d'une de ses racines adventives jusqu'à sa partie la plus renflée.

Une coupe pratiquée dans le voisinage de l'extrémité (B, fig. 100) montre la structure ordinaire des racines et présente un petit nombre de faisceaux primaires, quatre par exemple, alternes avec les faisceaux libériens primaires; en même temps, apparaissent les formations secondaires, mais l'écorce, au lieu de s'exfolier, comme dans les cas précédents, persiste indéfiniment (*ec*, fig. 99), protégée contre les agents extérieurs, non par un liège proprement dit, mais par la lignification de ses couches externes.

L'endoderme *e*, toujours très net, et dont les plissements sont encore parfaitement distincts dans les parties les plus tubérifiées, sépare cette écorce du cylindre central.

Dans ce dernier, on distingue encore très nettement la position des faisceaux libériens primaires *l* et des faisceaux ligneux

(1) Mss.i néd.

primaires *b* qui sont beaucoup plus nombreux que dans la partie mince de la racine.

La moelle *m*, en effet, est très développée dans la racine du Dahlia, et contribue pour une part, au moins aussi importante que l'écorce, à la formation des tissus de réserve.

Tout le reste du tubercule est constitué par les formations secondaires qui sont presque exclusivement parenchymateuses;

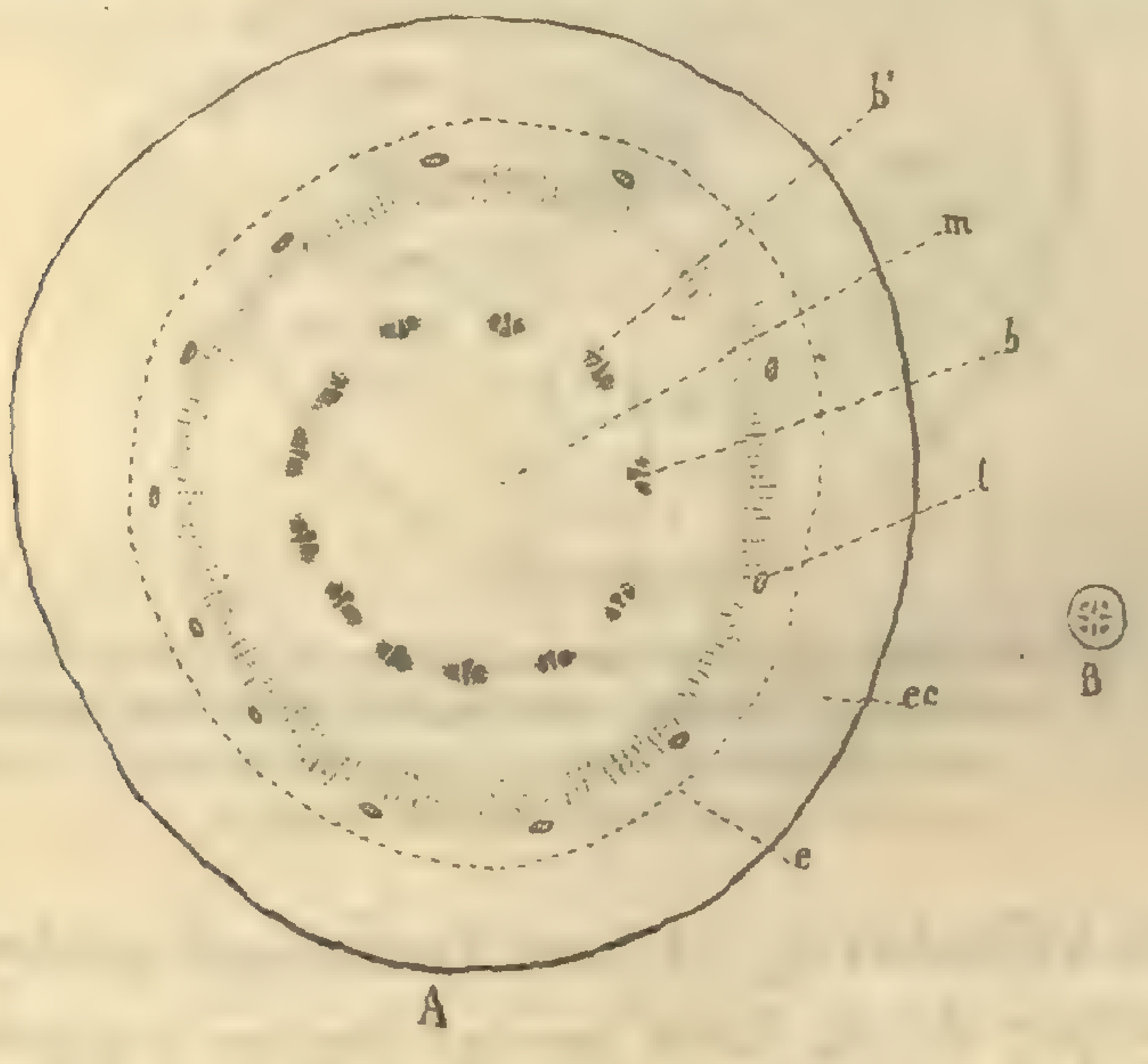


Fig. 99 et 100. — *Dahlia variabilis*. — B, coupe transversale de la partie mince d'une racine. — A, coupe transversale de la partie tubérifiée; *ec*, écorce; *e*, endoderme; *l*, liber primaire; *b'*, partie lignifiée du bois secondaire; *b*, bois primaire; *m*, moelle.

on ne trouve de bois secondaire lignifié, d'ailleurs très peu développé, qu'à droite et à gauche des faisceaux primaires en *b'* (fig. 99).

Ainsi donc, le tubercule du Dahlia est constitué à la fois par les formations secondaires, par la moelle, par l'écorce, et c'est presque également dans tous les tissus, dont les cellules sont à parois minces quelle qu'en soit l'origine, que s'accumulent l'inuline, les saccharoses, les glucoses, etc.

31. *Scorzonera hispanica*. — La racine renflée de la Scorzonère est entièrement formée par le développement des tissus

secondaires (fig. 101). Au centre, on voit un certain nombre de faisceaux primaires *b*; le bois secondaire *b′ b″* forme une sorte de cylindre lignifié *b″* autour du bois primaire. Tout le reste de ce tissu est presque exclusivement parenchymateux, sauf, çà et

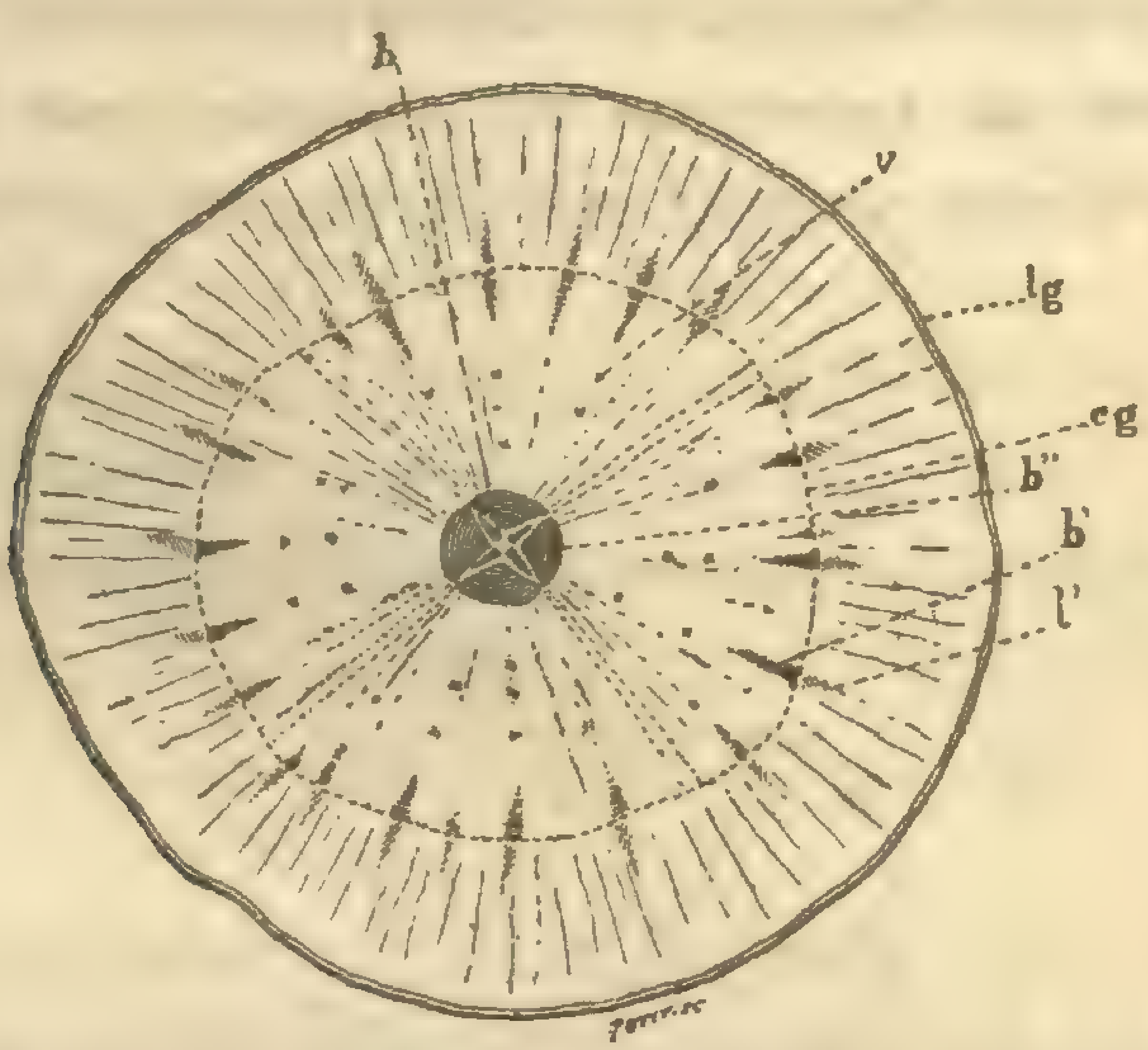


Fig. 101. — Coupe transversale de la racine tubérifiée de *Scorzonera hispanica* : *lg*, liège ; *l′*, liber secondaire ; *cg*, couche génératrice ; *b′*, partie lignifiée externe du bois secondaire ; *b″*, partie lignifiée interne du bois secondaire ; *v*, vaisseaux épars dans les formations ligneuses secondaires ; *b*, bois primaire.

là, quelques vaisseaux *v*, et vers l'extérieur quelques parties radiales lignifiées *b′*; le liber secondaire se compose presque exclusivement de parenchyme mou et est très développé; il est protégé vers l'extérieur par un liège *lg*.

32. *Aconitum Napellus.* — L'*Aconitum Napellus* est aussi une espèce qui se perpétue par les racines adventives renflées terminées par un bourgeon.

Si l'on examine la germination de cette plante (1), comme l'a fait M. G. Bonnier, on voit que le premier tubercule est dû au sommet de la racine principale et à l'extrême base de l'axe hypocotylé; ce dernier contribuant beaucoup moins encore que dans le *Lathyrus tuberosus* à la formation de la partie tubérifiée.

Tous les tubercules des années suivantes sont formés par les

(1) G. Bonnier : *Observations sur les Renonculacées de la Flore de France* (Revue générale de botanique, 1889).

racines adventives. En général, chacun de ces tubercules s'isole à l'automne et peut donner un nouveau pied au printemps suivant. Ainsi que l'observe Royer, on trouve quelquefois des tubercules digités, et M. G. Bonnier a fait voir qu'ils étaient constitués non par la ramification de la racine, mais par la concrescence de plusieurs racines adventives, comme un tubercule palmé d'Orchis.

J'ai pu vérifier que le développement des individus successifs se fait toujours du même côté, ainsi que l'a indiqué Royer; de

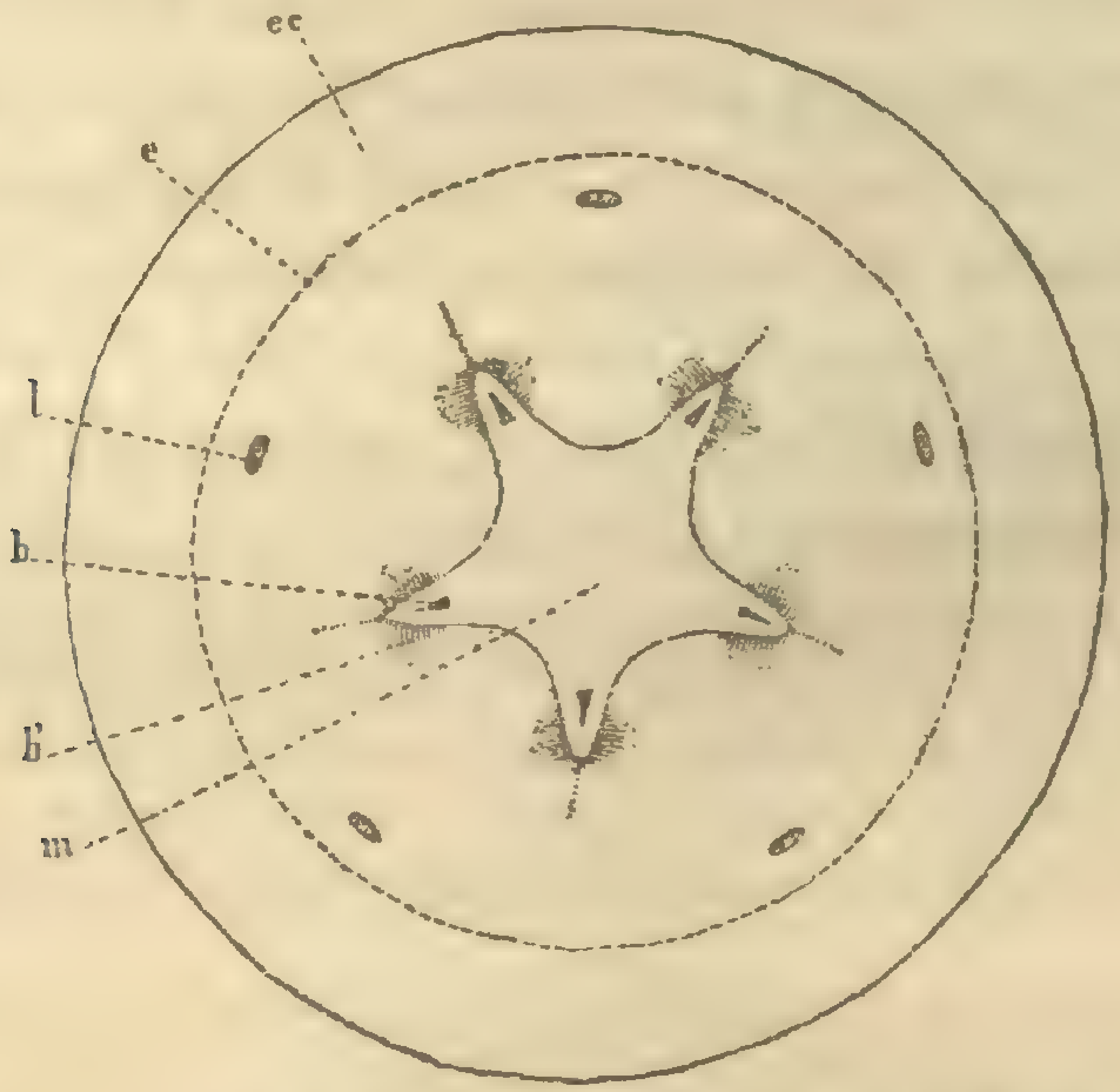


Fig. 102. — Coupe transversale de la partie tubérifiée d'une racine d'*Aconitum Napellus* : *ec*, écorce ; *e*, endoderme ; *l*, liber primaire ; *b*, bois primaire ; *l'*, partie lignifiée du bois secondaire ; *m*, moelle.

telle sorte que la plante qui ne produit souvent qu'une seule racine de remplacement s'avance chaque année de 1 à 3 centimètres.

Une section transversale d'une jeune racine d'Aconit présente la structure ordinaire d'une racine avec une moelle peu ou pas développée.

La moelle et les formations secondaires constituent au contraire la majeure partie du tubercule (fig. 102); la limite interne des formations secondaires forme alors une sorte d'étoile à cinq ou six rayons qui renferme les faisceaux ligneux primaires *b* et la moelle *m*. Les formations secondaires, sauf au voisinage du bois

primaire, sont presque entièrement parenchymateuses. Le cylindre central est entouré par l'endoderme et par une écorce.

Les diverses substances de réserve, amidon, sucre, etc., s'accumulent donc ici comme dans le Dahlia, à la fois dans les tissus parenchymateux de la moelle, de l'écorce et du cylindre central.

33. *Pæonia officinalis.* — La Pivoine se perpétue aussi par des racines adventives renflées, mais celles-ci mettent plusieurs années à acquérir leur développement total, tandis que la racine de l'Aconit se développe ordinairement en une seule année.

Si l'on fait une coupe dans la partie brusquement renflée du *Pæonia officinalis*, on voit que les faisceaux primaires y sont plus rapprochés les uns des autres que dans l'Aconit, et que la plus grande partie du tubercule est produite par le grand développement des formations secondaires.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

PARUS EN 1888 ET JUSQU'EN JUILLET 1889 (*Fin*)

II. — Physiologie des organes.

Dans les parties vertes de la plante soumises aux conditions normales, l'acide carbonique, à la lumière, se dissocie comme à une haute température ; il se dégage de l'oxygène, et l'oxyde de carbone reste lié à la chlorophylle. Le premier produit ensuite formé était, pour Liebig, l'acide oxalique ; mais cet acide, qui se trouve dans toutes les cellules végétales, est en réalité un produit d'oxydation.

D'après Bayer, le premier corps résultant de l'assimilation serait le formaldéhyde ($CO + H^2 = COH^2$), d'où naîtraient le sucre et l'amidon. De nouveaux travaux de M. Loew (1) et surtout de M. Bokorny (2) viennent, séparément, confirmer cette théorie. Si elle est vraie, pense avec raison M. Bokorny, la plante doit former du glucose et de l'amidon quand on lui fournit du formaldéhyde après avoir supprimé l'assimilation chlorophyllienne. En réalité, le formaldéhyde, aussitôt introduit directement dans la cellule, tue le protoplasma. La théorie de Bayer n'est cependant en rien infirmée, car il est possible que le formaldéhyde n'existe jamais à l'état libre dans la plante, chaque molécule de ce corps donnant lieu, dès sa formation, à une nouvelle combinaison.

C'est ce qui a lieu, et M. Bokorny nous en fournit la preuve. Il élève des Algues à la lumière avec une solution, non pas de formaldéhyde, mais de méthylal, qui, sous l'influence du plasma, comme sous l'influence de l'acide sulfurique, se transforme en alcool méthylique et formaldéhyde. Les plantes continuent à vivre pendant un temps très long ; ce dernier corps qui les aurait tuées a donc été, à l'état naissant, aussitôt condensé en hydrate de carbone, et on peut, sans la moindre hésitation, lui attribuer, autant qu'à l'alcool méthylique, la formation de l'amidon qu'on constate facilement dans les plantes en expérience. Cette accumulation d'amidon ne se rencontre pas chez des Algues vivant dans les mêmes conditions que les précédentes, mais privées de méthylal. Ajoutons qu'on ne la trouve même pas toujours dans le premier cas, mais il faut se rappeler que l'amidon se forme seulement quand la production des substances organiques surpasse la dépense, et quand une certaine quantité de sucre s'est emmagasinée dans la plante.

L'amidon n'est pas, en effet, un produit d'assimilation direct ; il naît d'une transformation des substances de réserve.

(1) Loew : *Ueber Assimilation* (Sitzungsberichte des bot. Vereins in München, 1888).

(2) Bokorny : *Ueber Stärkebildung aus verschiedenen Stoffen* (Berichte der deutschen bot. Ges., 1888). — *Studien und Experimente über den chemischen Vorgang der Assimilation*, Erlangen, 1888.

M. Bœhm (1), qui défend cette théorie depuis plusieurs années déjà, publie de nouvelles recherches faites dans le même but, sur les feuilles du *Sedum spectabile Boreau*. Ces feuilles désamidonnées ont été placées les unes à la lumière, les autres à l'obscurité, soit dans l'air privé d'acide carbonique, soit à la surface ou à l'intérieur de solutions, à concentrations variées, d'azotate de potasse, d'alcool éthylique, d'alcool méthylique, de glycérine, soit enfin dans de l'eau renfermant, ou non, de l'acide carbonique; elles avaient été préalablement percées, çà et là, de plusieurs trous pour favoriser l'évaporation sur les bords. Les résultats ont toujours été concordants : toutes les fois que, par évaporation ou par plasmolyse, de l'eau est enlevée à la cellule la concentration de la solution sucrée donne rapidement lieu à une formation d'amidon. Une telle concentration peut encore être produite par la naissance ou l'apport, dans la cellule, d'une nouvelle quantité de sucre, et c'est ainsi que s'explique la présence d'amidon chez les feuilles plongées dans l'eau. L'amidon se montre toujours plus abondant à la lumière qu'à l'obscurité; cette action favorable de l'éclairement s'exerce de plusieurs manières : la présence d'oxygène donne à la plante une nouvelle force, en outre, à l'obscurité, les stomates se ferment plus ou moins complètement; et l'on sait que ces organes jouent un grand rôle dans la transpiration et les échanges gazeux.

A la théorie de l'assimilation se rattache, outre la question du produit primaire de cette fonction, celle des matières colorantes de la chlorophylle. Ce second problème fait le sujet d'un travail étendu de M. Hansen (2).

La chlorophylle est un mélange de deux matières colorantes, l'une verte, l'autre jaune combinées à des corps gras. M. Hansen est parvenu, en opérant avec soin, à isoler ces deux matières colorantes et à les obtenir dans un état de pureté absolue. Les feuilles choisies ont été des feuilles de Graminées, qui ont l'avantage de renfermer peu de corps résineux étrangers. La description des manipulations pratiquées par l'auteur nous entraînerait trop loin; nous ne pouvons que renvoyer, pour cette partie, à l'ouvrage même.

La meilleure preuve de la pureté de la chlorophylle obtenue par M. Hansen en solution alcoolique est sa stabilité. Cette solution ne renferme ni hydrates de carbone ni albuminoïdes, et peu de sels. Les matières colorantes sont-elles mélangées ou combinées avec les corps gras? L'auteur, pour le savoir, filtre la solution sur du charbon animal et examine le liquide avant et après sa décoloration. Les corps gras, après décoloration, sont restés dans le charbon avec les matières colorantes; il y a donc combinaison, et non simple mélange. Si le charbon est ensuite mis à bouillir avec une solution alcoolique de potasse qui enlève les matières colorantes et saponifie les corps gras, on obtient : 1° les matières colorantes; 2° une substance insaponifiable (A); 3° un acide volatil (B); 4° un acide non volatil (C). La solution décolorée, traitée de même, a donné : 1° une substance insaponifiable (D); 2° un acide volatil à la température d'ébullition (E); 3° un acide gras non volatil (F). On

(1) Josef Bœhm : *Stärkebildung in den Blättern von Sedum spectabile Boreau* (Bot. Centralblatt., 1889, 7 et 8).

(2) Hansen : *Die Farbstoffe des Chlorophylls*. Darmstadt, 1889.

donc, après saponification d'une solution de chlorophylle, un mélange qui renferme, outre le carbonate de potasse : 1° deux substances insaponifiables (A et D); 2° la matière jaune non transformée; 3° la matière verte unie à du potassium; 4° les savons de différents acides organiques. La substance jaune et les corps A et D sont extraits du mélange au moyen de l'éther qui les dissout; mais la principale difficulté consiste à séparer la matière verte des savons. M. Hansen y parvient au moyen d'un mélange, à parties égales, d'alcool et d'éther, qui enlève les savons en ne dissolvant que très peu la combinaison potassique de la matière verte. Après plusieurs opérations, il ne reste plus sur le papier à filtrer qu'un mélange de matière verte avec du potassium et du carbonate de potasse. Ces deux substances étrangères sont enlevées au moyen des acides sulfurique, acétique ou phosphorique. La matière verte est soluble dans 10 parties d'éther et 1 partie d'alcool absolu, qui donnent une solution d'un beau vert, fluorescente et d'un bleu rouge à la lumière diffuse. A l'état sec, elle est d'un vert noir brillant, dure et cassante. Elle est insoluble dans l'eau et le sulfure de carbone, très soluble dans l'alcool, peu dans l'éther pur. Le résidu obtenu par évaporation de la solution alcoolique possède, à la lumière réfléchie, une couleur d'un vert jaune, et, à la lumière directe, deux couleurs : vert pur et rouge brun. La solution alcoolique, toujours fluorescente, bleuit avec les acides sulfurique et azotique, mais garde sa coloration primitive avec les acides phosphorique et acétique.

La matière verte a le caractère d'un acide et se combine avec les bases; elle renferme de l'azote et du fer; elle est rapidement décolorée par le chloroforme; contrairement à l'extrait alcoolique de feuilles, elle est très stable à la lumière ordinaire.

La matière jaune est soluble dans un grand nombre de liquides, dans l'alcool, l'éther, le pétrole éthéré, le chloroforme, le sulfure de carbone. Elle ne renferme pas d'azote et n'est pas fluorescente. Elle donne, par évaporation de ses solutions, des cristaux prismatiques à base rhombe, d'un rouge orange. La lumière la transforme rapidement en une substance incolore, qui, dissoute dans le chloroforme, donne, avec l'acide sulfurique concentré, la réaction rouge de la cholestérine. La transformation de la matière jaune en cholestérine, à la lumière, semble, d'ailleurs, assez admissible. Enfin ses propriétés chimiques et spectrales permettent de l'identifier à l'étioline, à la carotine et à la matière colorante des fleurs jaunes.

Par des recherches antérieures, on a déjà pu constater que l'extrait alcoolique de feuilles fraiches présente, quand la solution est fortement étendue, 7 bandes d'absorption. Le spectre obtenu par M. Hansen avec la matière verte pure, dissoute dans l'éther, est presque semblable; la principale différence est la production d'une bande dans la région du vert, à la limite du bleu. On voit, en outre, apparaître, avec une solution concentrée, une autre bande étroite vers le milieu du jaune. Ces deux bandes et même celle du bleu disparaissent quand on emploie une solution de la matière verte dans l'acide azotique. Avec une solution de matière jaune dans l'alcool ou l'éther, les bandes d'absorption sont bien moindres; il n'y en a plus dans la moitié la moins réfrangible du spectre, on n'en observe, dans l'autre extrémité, que deux : une dans le bleu, l'autre dans l'indigo. En dehors de la

partie lumineuse du spectre, tandis que la matière jaune laisse passer une grande partie des rayons ultra-violets, la matière verte les absorbe fortement; cette dernière est au contraire complètement diathermane pendant que la matière jaune présente une absorption, faible il est vrai, des rayons infra-rouges.

Les rayons lumineux qui sont le plus fortement absorbés par la chlorophylle sont précisément ceux que laisse passer, sans presque les affaiblir, une solution de phycoérythrine. Cette matière colorante des Algues rouges, de nouveau étudiée par M. Schutt (1), présente son maximum d'absorption dans la région verte et bleue du spectre, et c'est à la même région que correspond son maximum de fluorescence. Cette fluorescence est jaune orange, elle disparaît à 35°. Outre la phycoérythrine α, extraite directement par l'eau, M. Schütt a obtenu deux dérivés : l'un β, rouge carmin, tiré de la solution aqueuse par un alcali ; l'autre γ, bleu violet, tiré de la même solution par les acides. Au point de vue chimique, la phycoérythrine est soluble dans l'eau, et insoluble dans l'alcool, l'éther et la benzine. Ses propriétés chimiques, comme ses propriétés spectrales, sont donc, en général, inverses de celles de la chlorophylle.

Il nous reste encore, avec le travail de M. Molisch (2), à nous occuper d'une autre matière colorante : l'anthocyane, qui se rencontre dans les feuilles des *Perilla*, des *Coleus*, des *Amaranthus*, des *Achyrantes*, dans les fleurs de *Viola tricolor*, etc. C'est à cette substance que les plantes ci-dessus nommées et beaucoup d'autres doivent, après une mort brusque, leurs changements de coloration. L'anthocyane, d'un violet pourpre, bleuit sous une petite quantité d'alcali; si cette quantité augmente, elle devient verte, puis jaune, et finalement incolore. Cette propriété suffit à expliquer les changements de coloration de la plante qui renferme une telle matière colorante. A l'état normal, le suc cellulaire est, en général, acide ou neutre, le protoplasme seul est alcalin. Tant que vit la cellule, l'anthocyane contenue dans le suc cellulaire ne peut pénétrer dans le protoplasma, qui est imperméable; elle reste donc violette, dans un milieu acide ou neutre. A la mort de la plante, au contraire, le protoplasma perd son imperméabilité et se mélange au suc cellulaire. Si son alcalinité, alors, est telle qu'elle surpasse l'acidité du suc, tout le contenu cellulaire devient alcalin, et l'anthocyane, sous l'influence de cette réaction, doit changer de couleur. C'est, en effet, le cas des feuilles de *Coleus*, de *Perilla*, etc., et M. Molisch a constaté, en faveur de son opinion, que toutes les feuilles qui ne verdissent pas sous ces conditions sont toujours fortement acides. Dans tous les cas, pour que le changement de coloration ait lieu, il est nécessaire que l'anthocyane se trouve dans des cellules à chlorophylle, ou dans leur voisinage. La chlorophylle, pense M. Molisch, n'a cependant qu'une action indirecte : elle favorise simplement la formation des substances dont l'alcalinité produit la décoloration.

Henri Jumelle.

(1) Schütt : *Weitere Beiträge zur Kenntniss des Phycoerythrins* (Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft, 1888). — *Ueber das Phycoerythrin* (id.).

(2) Molisch : *Ueber den Farbenwechsel anthokyanhaltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode* (Bot. Zeitung, 1889,2).

REVUE DES TRAVAUX DE PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

PARUS EN 1888 OU DANS LE COURS DES ANNÉES PRÉCÉDENTES

En essayant de tracer une esquisse des derniers travaux dont la Paléontologie végétale a été l'objet en France, nous ne saurions avoir la pensée de ne rien omettre, ni même la prétention d'être scrupuleusement exact : étendre trop ce travail serait le rendre impossible, tandis qu'en le restreignant outre mesure on risquerait de lui enlever la plus grande partie de son intérêt. D'autre part, nous n'aborderons pas la science des végétaux fossiles pour en faire l'historique : il faudrait alors remonter jusqu'à Ad. Brongniart dont l'influence décisive, d'abord unique en France, plus tard associée à celle de Schimper, communiqua à cette science, alors très nouvelle, une impulsion qui depuis ne s'est jamais arrêtée. Après la période de fondation est venue celle des grandes découvertes, des explorations dans un sens déterminé, de la diversité des écoles et des points de vue. Là, comme ailleurs, des tendances se sont prononcées et des controverses se sont élevées, les unes encore ouvertes, les autres, sur le point d'aboutir à des conclusions dont on entrevoit le sens; mais, en tout cas, il est bien évident qu'aucune branche des connaissances humaines n'est plus vigoureuse, ne semble plus destinée à croître, à donner lieu dans l'avenir à une plus belle floraison et à des fruits plus savoureux, pour achever l'image.

Quelque décidé que nous soyons à nous restreindre aux plus indispensables développements, en n'explorant que certaines régions et ne touchant qu'à un petit nombre de points de l'étendue immense ouverte devant nous, un seul article ne suffirait pas. D'ailleurs, il faut le dire, il existe, en Paléophytologie, des divisions pour ainsi dire fermées, constituant autant de domaines distincts, à l'intérieur desquels chaque savant, en se spécialisant, aime en général à se cantonner, et qu'il vaut mieux, pour éviter toute confusion, considérer à part les uns des autres.

Ces subdivisions, ces domaines particuliers ne correspondent pas à des catégories de végétaux, mais plutôt à des ères ou époques, à de grandes périodes, entre lesquelles se divise l'histoire même de la végétation du globe. Adolphe Brongniart avec son instinct profond de la réalité les avait saisis dès 1849 en les désignant sous le nom de « Règnes », à partir de la plus reculée : Règne des Acrogènes, Règne des Gymnospermes, Règne des Angiospermes. Ces dénominations n'étaient pas rigoureusement vraies, puisqu'il existait des Gymnospermes ou des Progymnospermes associés aux Acrogènes dans la première période, et que les Acrogènes accompagnaient les Gymnospermes, dans la seconde. Les termes de *paléophytique*, *mésophytique*, *néophytique*, nous ont paru d'une application plus naturelle, comme traduisant simplement les faits, c'est-à-dire l'ordre successif de trois périodes de végé-

tation, non pas assurément brusques ni absolument tranchées vers leurs frontières réciproques, mais cependant juxtaposées de telle façon que, si l'on juge du caractère de chacune d'elles d'après les types dominants qu'elles comprennent, la longue persistance, puis le déclin définitif, au cours de chacune d'elles, de l'ensemble de ces types spéciaux, on est forcé de convenir qu'à chacune de ces trois périodes ont dû correspondre toute une réunion déterminée de conditions de milieu dont l'altération, sans doute par l'effet de quelque phénomène cosmique, aura chaque fois entraîné la décadence, puis l'élimination à la fin presque générale des végétaux qui avaient obtenu et gardé jusque-là un rôle prépondérant à la surface du globe.

Le caractère principal de la végétation, d'un bout à l'autre de chacune de ces périodes, c'est la persistance sinon des espèces, du moins des types et des formes, de manière à réaliser une constance et une continuité remarquables de combinaisons morphologiques, qui ne sont que les variations partielles d'un même thème. — Il y a des Calamariées, des Lépidodendrées et des Sigillaires, sans parler des Filicinées, dans le carbonifère inférieur ou culm, et même dès le dévonien, tout comme plus tard dans le carbonifère récent et jusque dans le permien. — Dans la période suivante ou mésophytique, il en est de même pour une foule de genres : *Actenopteris*, *Lomatopteris*, *Thinnfeldia*, *Zamites* et *Otozamites*, *Pachyphyllum* et *Brachyphyllum*, etc., que l'on rencontre aussi bien dans l'infralias que dans les étages récents de l'oolithe et jusque dans l'infracrétacé, au moins pour plusieurs d'entre eux, mais ensuite on voit ces types disparaître et ne plus jamais se montrer. La troisième période elle-même, bien qu'elle se distingue surtout par le développement et la richesse croissante de la végétation de plus en plus variée et qu'elle reflète l'influence de l'inégalité de plus en plus accusée des climats distribués selon l'ordre des latitudes, est loin d'être exempte de ce phénomène et l'on est justement frappé d'y rencontrer dès le début, et lors de la première extension constatée des Angiospermes, certains types tels que ceux des *Fagus*, *Sassafras*, *Platanus*, *Hedera*, *Aralia*, *Liriodendron*, *Magnolia*, *Menispermum*, etc., qui n'ont depuis cessé d'habiter l'Europe ou l'Amérique, en persistant sur le premier de ces deux continents au moins jusqu'à la fin du tertiaire, pour ceux du moins qui ont cessé ensuite de faire partie de notre flore.

Les périodes végétales en question sont en outre, du moins d'après les connaissances dont nous disposons, parfaitement délimitées. La première, l'ère paléophytique, après avoir embrassé, avec le dévonien, le carbonifère tout entier, touche à son déclin lors du permien, et le trias marque son terme final, c'est-à-dire l'âge où se trouve réalisée l'élimination de la plupart des types végétaux dont l'extinction se combine avec la survivance de ceux, auparavant rares et subordonnés, qui vont au contraire se développer à la place des premiers. Cette élimination s'exercera alors sur une si grande échelle qu'elle doit coïncider avec quelque crise soit tellurique et atmosphérique, soit en même temps cosmique, dont la nature nous échappe à une telle distance, mais dont l'existence nous est dévoilée, d'une part, par l'immensité des sédiments purement détritiques, accumulés lors du permien rouge et du trias, et, de l'autre, par l'extrême appauvrissement de la flore qui ne fut jamais plus in-

digente qu'à l'époque correspondante à ces phénomènes de transport, dus à la puissance des eaux en mouvement.

Après une période tumultuaire, la terre semble se repeupler de végétaux graduellement, vers la fin du trias ; lors de l'étage de transition connu sous le nom d'infralias, la révolution paraît accomplie et l'on constate l'établissement d'un ordre de choses nouveau, destiné à demeurer longtemps sans changement bien appréciable. L'ère qui se déroule ou « mésophytique » n'est pas moins exactement déterminée que la précédente. L'ensemble des formes à la fois fixe et toujours assez peu varié qui la caractérise se trouve constitué, nous le répétons, sur le niveau infraliasique ou plus rigoureusement dans l'espace qui va du keuper au lias proprement dit, et elle s'étend jusque vers l'aptien, c'est-à-dire que lors du cénomanien une transformation nouvelle se trouve réalisée par l'introduction et bientôt après par la prédominance effective des Dicotylées. Il en est ainsi en Bohême, de même qu'en Amérique dans ce qu'on a appelé le *Dakota-group*. En Portugal, sur un horizon géognostique un peu plus reculé on a le spectacle de certaines formes jurassiques encore présentes et persistantes, entre autres de plusieurs *Brachyphyllum*, associés aux premières Dicotylées.

L'ère ou la période « néophytique » est celle qui commence avec le cénomanien et comprend avec la seconde moitié de la craie tout le tertiaire. Plusieurs des types antérieurs se prolongent dans celle-ci ; elle consiste surtout dans une adjonction, celle des Angiospermes, auparavant inconnues, au moins dans l'état actuel de la science. Son histoire, qui dure encore sous nos yeux, ne se compose en réalité que du mouvement impulsif au moyen duquel les végétaux, constamment rejetés plus au sud, se sont graduellement éloignés des régions circumpolaires, d'abord habitées par eux, pour se rapprocher de l'équateur. Les plus sensibles au froid, qui pourtant ne semblent pas s'être jamais avancés jusque dans l'extrême nord, émigrèrent les premiers pour céder la place à ceux dont la résistance à l'abaissement climatérique, échelonné dans le sens des latitudes, se trouvait plus énergique, soit que cette résistance fût inhérente à leur nature, soit qu'elle ait été plus ou moins acquise par eux. Ce qui est au moins certain, c'est que les végétaux à feuilles périodiquement caduques n'ont pas toujours été indigènes en Europe, qu'ils y ont d'abord paru en nombre restreint, avant d'y revenir prédominants, ou que, partis du nord ou venus peut-être aussi du sommet des montagnes, où leur berceau doit être placé, ils ne s'introduisirent sur notre sol que graduellement, au fur et à mesure des progrès accomplis par l'abaissement calorique.

On voit que chacune des trois ères ou grandes périodes végétales a sa raison d'être et qu'elles méritent un examen séparé, les végétaux qu'elles comprennent n'ayant ni le même aspect, ni la même signification, et n'ayant pu donner lieu ni aux mêmes recherches, ni aux mêmes procédés d'examen et de détermination. C'est pour cette raison que, dans notre revue, nous nous attacherons d'abord à l'étude des deux premières périodes et des observations ou découvertes auxquelles elles ont donné lieu nouvellement, avant de parler de la dernière. Les ères paléophytique et mésophytique ont pour elles le charme de l'inconnu ; leur végétation, soumise à des conditions extérieures

visiblement très différentes de celles qui nous gouvernent, n'a pour ainsi dire rien de commun avec la nôtre, ou du moins ces points de contact dépendent uniquement d'une lointaine analogie dont le degré et la mesure échappent le plus souvent à l'analyse. Il n'en est plus ainsi lorsqu'on s'adresse à l'ère néophytique; mais si elle ne nous réserve pas les mêmes surprises, comme la végétation actuelle du globe n'est qu'une descendance, soit directe, soit tout au moins collatérale, de celle dont cette ère nous présente les débris, son étude et les découvertes qui l'y rattachent offrent par le fait un intérêt très grand, et elles peuvent et doivent donner naissance à des conséquences d'une valeur sans égale, en vue de l'explication des divers phénomènes se rattachant soit à la filiation des espèces que nous avons sous les yeux, soit aux causes qui ont présidé à la distribution géographique de ces espèces et des types eux-mêmes dont elles font partie, c'est-à-dire à ce qu'on peut nommer les questions d'origine.

I. — Ère paléophytique.

La végétation de cette première période n'était pas exclusivement cryptogamique, mais l'élément gymnospermique, associé à l'autre, lui était subordonné; il était d'ailleurs représenté par des types pour la plupart sans rapport avec aucun de ceux que nous avons sous les yeux, et opérant peut-être la transition de l'une à l'autre des deux catégories. Vers la fin seulement de la période, et lorsqu'elle tendit vers son déclin, quelques-uns des types de l'époque suivante commencent à se montrer, bien que toujours rares ou même exceptionnels à l'origine. Nous devons justement à MM. Renault et Zeiller, dont les noms reparaîtront souvent dans la revue que nous allons passer, une note communiquée par eux en 1886 à l'Académie des sciences, sur les Cycadées, très rares jusqu'ici, observées par eux dans la formation houillère (1). Ils annoncent la découverte d'un *Pterophyllum* voisin du *P. Grand'Euryi* Sap., recueilli une seule fois à Saint-Étienne par M. Grand'Eury, et qui se rapprocherait des *Pterophyllum* triasiques, puis, outre un *Næggerathia* nouveau, *N. Schneideri*, plusieurs frondes de *Zamites*, dont l'un se nommera *Zamites carbonarium*; d'autres espèces du même genre, caractérisées par les extrémitées dentelées de leurs segments foliaires, ressembleraient plus aux *Zamia* actuels que les *Zamites* jurassiques; mais ils se rapprocheraient également des *Sphenozamites* dont une forme houillère, *Sphenozamites Rochei*, avait été antérieurement signalée par M. Renault. Ce sont là pourtant des plantes toujours exceptionnellement rares, même dans le carbonifère récent, d'où les Salisburiées, les *Walchia* et *Albertia*, parmi les Conifères, ne sont pas précisément exclus non plus. Mais les Gymnospermes se trouvent alors plus particulièrement représentées par les curieuses Cordaïtées. On sait que les Cryptogames elles-mêmes, malgré leur profusion, et à raison même de la supériorité organique qui distinguait alors cette classe, s'éloignaient beaucoup des plantes qui leur correspondent de plus près ou

(1) *Sur quelques Cycadées houillères*, par MM. B. Renault et R. Zeiller; *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, séance du 8 février 1886.

plutôt qui s'en écartent le moins dans l'ordre actuel. Les Filicinés, les Calamariées, les Lépidodendrées, les Sigillariées qui sont les cinq groupes cryptogamiques ayant exercé dans cette nature primitive une prépondérance incontestable, en dépit de certaines apparences dont l'influence a été regrettable en suggérant parfois des assimilations en réalité inexactes, ont exercé par cela même, à bien des reprises, la sagacité des hommes de science, et suscité une foule de controverses, avant que l'on soit parvenu, nous ne dirons pas à définir complètement, mais du moins à préciser les points les plus essentiels de leur organisation. Il est bien certain, en effet, que les Filicinées du temps des houilles s'écartent beaucoup, dès qu'on ne s'en tient pas à une analogie superficielle des Fougères vivantes; que les Calamariées, en dehors de la physionomie extérieure et si l'on cesse de s'attacher (1) à certaines d'entre elles, se séparent, à très peu d'exemples près, des Equisetées de nos jours; que les Lépidodendrées n'ont avec les Lycopodiacées qu'un assez petit nombre de traits communs, et en plus une perfection et une puissance organiques infiniment supérieures, et qu'enfin rien de ce que nous connaissons ne saurait nous donner l'idée de ce que furent les Sigillariées, disparues de la surface terrestre dans le cours du permien et sans rapport, même lointain, avec aucun des végétaux actuels auprès desquels on pourrait être tenté de les ranger.

Mais avant même de prendre les Filicinées carbonifères pour les analyser, il convient de mentionner la découverte, à Commentry, par MM. Renault et Zeiller, d'une Muscinée (2) parfaitement caractérisée, bien que ne présentant que des rameaux stériles. La rareté des Mousses, en dehors des gisements tertiaires, a toujours été remarquée, de même que leur absence jusqu'à ce jour des lits carbonifères. La nouvelle espèce, *Muscites polytrichaceus*, Ren. et Zeill., rapprochée par les auteurs français du groupe des Acrocarpées et assimilée aux *Polytrichum* dont elle a la physionomie, a été figurée dans la première partie de la flore fossile de Commentry (3). L'existence de la famille remonte ainsi, d'aprés des indices presque assurés, jusqu'à l'ère paléophytique, mais la cause du peu d'extension de ces plantes dans les forêts primitives demande à être expliquée. Il est vrai que les Mousses, bien que répandues dans toutes les zones, habitent de préférence les régions humides du nord et diminuent plutôt au sein des contrées intertropicales. Il est

(1) C'est un des rares exemples de ces *Equisetum* du carbonifère récent que MM. Renault et Zeiller ont signalé, en constatant la présence à Commentry de l'*E. Monyi* dont tous les caractères visibles, tenant soit à la consistance mince des parois de la tige, soit aux gaines qui enveloppent celle-ci, reproduisent ceux des *Equisetum* vivants. Selon les savants français, cette espèce ne serait autre que l'*Hippurites gigantea* L. et H. figuré sous ce nom par les auteurs du *Fossil flora*, 11, pl. 114. Voy. pour plus de détails la note *Sur un* Equisetum *du terrain houiller supérieur de Commentry*, par MM. B. Renault et R. Zeiller, *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, séance du 5 janvier 1885.

(2) Voy. Renault et Zeiller : *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, t. C, p. 662.

(3) Livre II, *Flore fossile* par B. Renault et C. Zeiller, 1re partie par Zeiller, p. 35, pl. xci, fig. 2-4. L'ouvrage est magnifique et en cours de publication. Le livre I, par M. Fayol, expose magistralement l'étude stratigraphique du gisement et l'analyse de toutes les particularités relatives au mode probable de formation de la houille dans le bassin de Commentry.

également vrai que, rares dans tous les gisements, les débris laissés par ces plantes n'abondent pas même dans les lits tertiaires et que cette circonstance tient peut-être uniquement à leur consistance tenace et marcescente, sans impliquer pour cela leur exclusion des localités où l'on n'observe pas leurs vestiges.

Les Filicinées, à l'opposite des Mousses, étaient alors répandues partout et associées soit entre elles, soit aux autres végétaux de l'époque dans une mesure allant jusqu'à la profusion. Leur étude ou plutôt la définition approximative des types qu'elles comprenaient alors n'en a présenté que plus d'obstacle, les fructifications de la plupart d'entre elles étant absentes ou d'une observation difficile, ou bien encore ces organes, sores ou sporanges, dans les rognons siliceux où leur structure peut être observée au microscope, se trouvant isolés des frondes, circonstance qui rend préférable la méthode consistant à décrire séparément les frondes ou fragments de frondes et les parties de la reproduction. Pour ce qui est des frondes, il y a longtemps que l'on a abandonné avec raison le système de classification proposé par Göppert dont les genres *Gleichenites*, *Cyatheites*, *Aspidites*, *Asplenites* et autres n'étaient basés que sur des apparences purement extérieures, pour revenir au classement de Brongniart dont l'excellence, dès qu'il s'agit d'un cadre artificiel, ressort de cette circonstance qu'il continue à rendre les mêmes services qu'au premier jour. Mais de grands pas ont été faits dans une autre voie, celle de l'étude de la fructification là où elle est visible. Brongniart put accueillir avec intérêt les premiers résultats de cette recherche des parties essentielles des Filicinées carbonifères, poursuivies par M. Grand'Eury, puis par M. Renault, tandis qu'après Gœppert et Geinitz, Stur en Autriche et, en France, Zeiller réalisaient des progrès notables dans la même direction. La question tout entière a été analysée avec un grand talent et non sans impartialité par le comte de Solms dans le chapitre VII de son *Einleitung* (1), ouvrage dans lequel l'auteur a condensé une foule de notions éparses relatives à la Paléophytologie, contrôlées par ses propres observations. Plus récemment, en tête du chapitre II, consacré aux Fougères, de la belle *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, M. R. Zeiller, avec une autorité incontestable, a traité le même sujet, en l'illustrant de figures d'une clarté remarquable, à l'appui de ses appréciations des genres de Filicinées carbonifères. Les preuves et les arguments allégués par lui à propos des opinions qu'il adopte, ou des erreurs qu'il relève, concordent par trop de côtés avec les assertions du comte de Solms, pour que nous hésitions à le suivre sur un terrain qu'il connaît à fond et sur lequel il ne marche qu'en invoquant des indices dont il a personnellement établi la valeur. Les genres basés sur la connaissanee directe des sporanges sont les suivants : *Renaultia* Zeill. (*Hapalopteris* Stur), *Dactylotheca* Zeill. (*Senftenbergia* Stur *non* Corda), *Sphyropteris* Stur, *Discopteris* Stur, *Myriotheca* Zeill., *Urnatopteris* Kids., *Crossotheca* Zeill. (*Sorotheca* Stur), *Calymntotheca* Stur (*Calymnotheca* Stur), *Asterotheca* Presl (*Asterocarpus* Giepp.), *Scolecopteris* Zenk., *Ptychocar-*

(1) *Einleitung in die Paläophytologie vom botanischen Standpunkt aus*, bearbeitet von H. Grafen zu Solms-Laubach, Prof. an der Universität Göttingen; Leipzig, 1887.

pus Weiss, *Danæites* Gopp., *Corynepteris* Bayly. (*Grand'Eurya* Zeill., *Saccopteris* Stur), *Zygopteris* Corda, *Botryopteris* Ren., *Sturiella* Weiss (*Renaultia* Stur *von* Zeill.), *Sarcopteris* Ren., *Senftenbergia* Corda, *Oligocarpia* Gœpp., *Hymenophyllites* Gœpp. De ces 20 genres, plus de la moitié, jusques et y compris *Danœites*, ont des sporanges soit isolés, soit groupés et plus ou moins soudés en un synangium, mais toujours exannulés et par conséquent assimilables aux Marattiacées de l'ordre actuel. Les 8 derniers seulement ont des sporanges différenciés et plus ou moins distinctement annulés; mais dans certains, tels que les *Corynepteris, Zygopteris* et *Botryopteris* de M. Renault, l'anneau ou bande élastique, formé de plusieurs rangées de cellules, diffère absolument de ce qui existe à cet égard dans toutes les familles de Fougères vivantes. Il en est de même des genres *Sarcopteris* Ren. et *Sturiella* Weiss, avec une tendance pourtant de ce dernier vers les Osmondées par la constitution en plaque de la bande élastique. Les *Senftenbergia* qui ont été parfois rapprochés des Schizéacées, à cause de leur plaque de déhiscence en forme de calotte apicale nettement différenciée, puis rejetés vers les Marattiacées par Stur, paraissent à M. Zeiller s'éloigner en réalité de tout ce que nous connaissons aujourd'hui. Il ne resterait donc que les seuls *Oligocarpia* dont l'analogie avec les *Mertensia* actuels, en ce qui concerne le groupement des sporanges et la structure même de l'anneau en forme de bourrelet transversalement périphérique, a paru frappante à M. Zeiller, comme à M. Grand'Eury, et enfin l'*Hymenophyllites quadridactylites* Gutb., qui par la délicatesse du limbe de ses frondes, jointe au mode de distribution des spores et à ce qu'on peut saisir de la conformation des sporanges, dénote une ressemblance sérieuse avec les Hyménophyllées. On voit par ce qui précède combien, en dehors des rapprochements avec les seules Marattiacées, les liens analogiques entre les Fougères des temps paléozoïques et celles des âges suivants sont faibles et incertains. Point de Polypodiées ni de Cyathées, à l'exception du *Dicksonites Pluckneti*, fragment isolé d'une attribution incertaine; une seule Hyménophyllée à peu près certaine ; quelques Osmondées ou Gleichéniées encore problématiques ; mais, en revanche, une profusion de types à sporanges exannulés, assimilables, quoique généralement d'assez loin aux Marattiacées vivantes, tel est le bilan exact des Filicinées carbonifères à l'heure présente.

Avant de passer aux Calamariées, comment ne pas s'arrêter devant les magnifiques troncs de Fougères arborescentes trouvés à Commentry et figurés dans l'atlas de la première partie de la Flore de ce gisement par M. Zeiller (1). Antérieurement, dans une note insérée aux *Comptes rendus* (2), MM. Renault et Zeiller avaient signalé ces troncs en faisant ressortir leur ressemblance extérieure avec ceux des Cyathées du monde vivant et fait ressortir ce détail que les *Ptychopteris* au lieu de représenter des tiges spéciales n'étaient autres que les parties intérieures, ou le cylindre ligneux intérieur dont les *Caulopteris* représentaient l'étui cortical extérieur, portant l'empreinte encore visible des cicatrices foliaires. Il a dû en être de même

(1) Voir *Flore foss. de Commentry*, 1re partie, par M. Zeiller, *Atlas*, pl. XXXI, fig. 7 ; 35, 40.

(2) *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, CII, p. 63, séance du 4 janvier 1886.

des *Megaphyton* qui répondent dans le carbonifère moyen à un autre type de Fougères arborescentes distinct du précédent par la disposition en files verticales des cicatrices foliaires. M. Zeiller a figuré plusieurs *Megaphyton* dans la Flore fossile du bassin de Valenciennes (1), en avouant l'ignorance où l'on est à l'égard de leurs frondes qui auraient appartenu peut-être à celles du groupe du *Pecopteris dentata*. On a été plus heureux à Commentry où l'un des échantillons et le plus beau de tous, dont la découverte est due à M. Fayol, présente encore des frondes attachées directement à la tige qui les portait. M. Zeiller a pu reproduire cet échantillon en le réduisant au septième environ de sa dimension naturelle. Les frondes qui sont celles d'une espèce assez commune à Commentry, *Pecopteris Sterzli* Zeill., sont encore attenantes en partie au moins à une tige haute de plusieurs mètres, sur 15 à 20 centimètres de diamètre. Quelques-uns des rachis foliaires adhèrent encore par la base aux cicatrices pétiolaires dont la tige est parsemée et qui ressemblent beaucoup à celles du *Caulopteris peltigera* Brongt., bien que, selon M. Zeiller, il n'y ait pas identité absolue entre les deux espèces. C'est la première fois qu'un tronc de Fougère carbonifère se sera rencontré en connexion directe avec les frondes qui lui appartenaient ; mais l'auteur français espère qu'avec un peu d'attention et de bonheur de semblables découvertes pourront se multiplier.

(*A suivre.*) MARQUIS DE SAPORTA.

(1) *Atlas*, pl. 52 et 53.

UNE NOUVELLE

PHANÉROGAME SANS CHLOROPHYLLE

(THISMIA GLAZIOVII)

NOTE PRÉLIMINAIRE

Par M. V.-A. POULSEN

Dans une collection de plantes conservées dans l'alcool, communiquée par le célèbre Dr Glaziou, botaniste infatigable de Rio-de-Janeiro, j'ai trouvé une petite saprophyte de la famille des Burmanniacées, qui n'a pas encore été décrite. Cette plante remarquable, complètement dépourvue de chlorophylle, appartient à la tribu des Thismiées. Elle présente de grandes affinités avec le genre *Ophiomeris* de Miers et montre d'une manière évidente que ce genre ne doit pas être conservé ; il faut le réunir au genre *Thismia*, comme l'ont déjà fait Bentham et Hooker.

Voici la diagnose de cette espèce nouvelle :

THISMIA GLAZIOVII, V.-A. Poulsen.

Tige simple, grêle, sans feuilles, uniflore, tuberculeuse à racines filiformes. Fleur campanulée, penchée, entourée à la base de trois bractéoles squamiformes, glabres. Périgone muni à la gorge d'un anneau horizontal, un peu relevé vers le milieu de l'orifice et portant à sa face supérieure six appendices disposés régulièrement. Limbe du périgone régulier, à trois divisions longuement appendiculées, portant intérieurement une crête membraneuse, transparente. Six étamines libres, recour-

bées, pendantes, à connectifs bicornes et à filets appendiculés latéralement; anthères saillantes à l'intérieur, à loges petites, réniformes, confluentes. Ovules très petits, transparents, nombreux, à funicules allongés, formés de grandes cellules. Grains de pollen petits, glabres et sphériques.

Petite plante très délicate, de 5 à 6 centimètres de hauteur, portant une fleur de couleur vineuse, large de 9 millimètres avec des appendices cylindriques de 10 millimètres de longueur.

Vit en saprophyte sur l'humus des forêts. Un unique spécimen recueilli par le Dr Glaziou au sommet du Macahé (Brésil).

L'étude anatomique de cette plante intéressante sera publiée prochainement.

Laboratoire d'anatomie végétale
de l'Université de Copenhague
(27 octobre 1889).

OBSERVATIONS
SUR LES RENONCULACÉES
DE LA FLORE DE FRANCE

Par M. Gaston BONNIER

(*Suite*)

Anemone palmata L. — L'*A. palmata* se trouve à Aix en Provence, limitée dans un espace d'environ dix mètres carrés.

A la description qu'en donne Grenier dans la *Flore de France* (p. 14) il faut ajouter quelques rectifications. Le calice peut avoir jusqu'à 16 sépales ; les feuilles de la base sont remarquables par la coloration vineuse de leur face inférieure (Br.).

ADONIS.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Fleurs et feuilles.* — Un échantillon de l'Herbier de l'École Normale Supérieure, provenant d'Auguste Saint-Hilaire, présente un *Adonis autumnalis* dont les fleurs sont singulièrement anormales. Ce sont des fleurs à prolifération centrale : l'axe de la fleur se prolonge et porte de petites feuilles vertes, à limbe divisé, puis des feuilles vertes entières et allongées rappelant la forme des cotylédons de la plante, enfin des feuilles plus courtes avec un lobule sur les bords, puis quelques carpelles à ovule normal remplaçant le lobule.

On sait que l'*Adonis vernalis* offre à la base de ses tiges aériennes tous les intermédiaires entre les écailles et les feuilles

ordinaires; on voit alors nettement que les écailles du rhizome correspondent à la gaine des feuilles ordinaires. La structure de l'une de ces feuilles intermédiaires offre un exemple remarquable de renversement dans la disposition des tissus à chlorophylle. La partie inférieure et aplatie correspondant à la gaine contient un tissu riche en chlorophylle vers l'extérieur, c'est-à-dire du côté de la partie de la feuille qui est morphologiquement la face inférieure; tandis qu'un peu au-dessus, si l'on fait une coupe dans le limbe proprement dit, on y voit le tissu en palissade, riche en chlorophylle, qui est développé de l'autre côté, sur la face supérieure. La position que ces deux parties de la feuille occupent par rapport à la lumière, lorsque la feuille est développée, fait comprendre cette adaptation inverse.

2° *Tiges et racines.* — Les espèces annuelles d'Adonis sont presque les seules Renonculacées de notre Flore dont la racine principale persiste, se développe et se renfle. Contrairement à ce qu'on observe chez les autres Renonculacées annuelles, il ne se produit pas de racines adventives sur l'axe hypocotylé de ces Adonis.

Au point de vue de leur structure, ces racines sont constituées d'une manière très différente de celles des genres qui suivent, car l'écorce primaire y est rapidement exfoliée et les formations secondaires, précoces, y sont très développées.

On observe aussi des tissus secondaires abondants dans le rhizome des Adonis vivaces et le début des tissus secondaires, entre le bois et le liber des faisceaux, peut se voir jusque dans la tige aérienne des Adonis annuels.

Lorsque germe un Adonis annuel, la racine principale s'allonge sans produire rapidement des radicelles, tandis que l'axe hypocotylé, recourbé, se termine par le sommet de la plantule qu'entourent encore le reste de l'albumen et les téguments de la graine qui sont déchirés régulièrement à la base. Plus tard, on voit l'axe hypocotylé se redresser verticalement et les deux cotylédons, après avoir digéré presque complètement l'albumen, étalent leur limbe simple à nervures principales

parallèles, assez semblables à des feuilles de *Myosurus*; immédiatement au-dessus, apparaissent les premières feuilles ordinaires à lobe découpé, à entre-nœuds d'abord courts, puis plus allongés.

Lorsque germe un Adonis vivace (*A. vernalis*, *A. pyrenaica*), les débuts de la germination se font comme chez les Adonis annuels, mais la tige allongée qui se produit pendant la première année ne fleurit pas et c'est une pousse latérale et souterraine qui donne le premier rhizome.

2. — *Distribution géographique.*

Adonis autumnalis L., *A. æstivalis L*, *A. flammea Jacq.* — Ces plantes qui semblent partout, en France, avoir été introduites avec les graines des espèces cultivées, se naturalisent de plus en plus. Très communes dans certaines régions où elles n'étaient pas indiquées dans les flores générales, comme dans le Lot, par exemple (M.), elles sont rares ailleurs, comme dans la Sarthe (Ch.), le Cantal (Mlz.). Signalées autrefois surtout dans l'est et le midi de la France, elles se sont répandues dans l'ouest et dans presque toute les régions du centre.

On donne ces espèces pour calcicoles; ce n'est pas exact dans toutes les parties de la France. On peut citer les terrains argileux et argilo-sableux du Jura, ainsi que les terrains argileux de Provence comme servant de substratum à ces *Adonis*. Aux environs d'Aix, il est de même à remarquer que la forme *abortiva* de l'*A. flammea* (*A. anomala Wallr.*) semble se développer spécialement sur les terrains argileux (Br.).

Adonis vernalis L. — Cette espèce a été signalée dans l'Aveyron par Cambessèdes sur le plateau du Causse noir (1). Elle se rencontre sur les Causses des Cévennes du Gard et de la Lozère (F. et B.).

Adonis pyrenaica DC. — On indique cette plante comme spéciale aux Pyrénées orientales et centrales. Il faut y ajouter

(1) Voyez *Bulletin de la Société botanique de France* (t. X, p. 558).

les Basses-Pyrénées et, entre autres localités, le Col des Moines (E. M.).

MYOSURUS.

1. — *Morphologie et structure.*

Après la première phase de la germination du *Myosurus minimus*, au moment où la jeune plante, qui a étalé ses deux cotylédons elliptiques, porte encore les téguments de la graine qui coiffent le sommet de l'un des cotylédons, la racine principale, quatre à six fois plus grêle que l'axe hypocotyté, ne porte aucune radicelle. On voit alors une couronne de petites racines qui se développent à la base de l'axe hypocotylé, juste au-dessus de la limite entre cet axe et la racine. Plus tard, ces racines se ramifiant forment une masse compacte au milieu de laquelle il devient difficile de reconnaître la racine principale, qui a continué à rester simple. D'autres racines, nées plus haut dans la région tigellaire, viennent parfois se joindre à celles de la couronne primitive.

Ainsi que l'a décrit M. Marié (1), toutes ces racines n'ont que deux faisceaux ligneux primaires alternant avec deux faisceaux libériens. Cet auteur dit que les racines de *Myosurus* ressemblent, au point de vue anatomique, à celles des Renoncules aquatiques; cela est vrai au début tout à fait, lorsque ces racines sont très jeunes; mais des formations secondaires s'y développent rapidement, tandis qu'il n'y a pas trace de formations secondaires dans les racines des Renoncules.

2. — *Distribution.*

Myosurus minimus L. — Cette plante existe, quoique souvent rare, dans toute la France septentrionale et occidentale. Dans la région méditerranéenne, on ne l'a pas trouvée en Provence, mais

(1) *Structure des Renonculacées*, p. 70.

elle se rencontre sur le littoral du Languedoc et du Roussillon. Dans l'Hérault, on ne l'observe que dans les fossés du littoral qui sont inondés l'hiver (F. et B.). Quoique citée par Philippe, elle n'a pas été observée dans les plaines qui avoisinent les Pyrénées centrales.

CERATOCEPHALUS.

Lorsque l'on observe la germination du *Ceratocephalus falcatus*, on voit se produire à la base de l'axe hypocotylé une couronne de racines, tandis que la racine principale demeure sans ramifications. M. Marié a décrit la structure de ces racines (1). Ce qui est le plus remarquable chez beaucoup de racines de *Ceratocephalus*, ce sont des arcs de sclérenchyme analogues à ceux que j'ai signalés dans la partie grêle des racines de *Thalictrum tuberosum* (2), mais occupant une place inverse. Tandis que dans le *Thalictrum tuberosum* ces arcs sont en dehors et en face du bois primaire, ils sont situés dans le *Ceratocephalus* en dehors et en face du liber primaire.

RANUNCULUS.

1. — *Morphologie et structure.*

1° *Fleurs et inflorescences.* — Les pétales des *Ranunculus* peuvent présenter tous les intermédiaires entre la forme en cornet et le pétale à limbe plat, sans écaille nectarifère. C'est ainsi que *R. auricomus* a des formes nombreuses dont les pétales ressemblent un peu à ceux des Hellébores ou bien sont simplement en cornet à la base; au contraire, le *R. glacialis* n'a qu'une languette transparente et peu développée à la base de ses pétales; tandis que le *R. alpestris* et le *R. sceleratus* ont des

(1) *Structure des Renonculacées*, p. 70.
(2) Voyez *Revue générale de Botanique*, t. I, p. 341, fig. 40.

pétales sans aucun repli ni languette. Le *R. rutæfolius* (*Callianthemum*) n'a pas non plus de languette, mais les pétales sont en cornet à la base comme dans certaines formes de *R. auricomus*. Il semble donc difficile de caractériser le genre *Callianthemum* d'une manière assez nette.

On sait que l'on rencontre assez souvent des fleurs de Renoncule dont un certain nombre d'étamines extérieures se sont transformées en pétales ; mais d'autres cas tératologiques n'ont pas encore été signalés, à ma connaissance. L'un des plus curieux est présenté parfois par le *R. bulbosus* et je l'ai observé aussi chez le *R. fluitans*. Ce sont des fleurs à pétales nombreux et dont l'axe se prolonge au sommet de la fleur pour donner un bouton normal. La figure 103 représente une fleur de *R. bulbosus* qui possède cette singulière anomalie et dont je dois la communication à l'obligeance de M. Émile Martin.

Fig. 103. — Fleur anormale de *Ranunculus bulbosus*, à pétales nombreux et portant au centre un bouton (Herbier Émile Martin).

Les cas de concrescence des rameaux et des pédoncules floraux (fasciation) sont aussi très fréquents chez beaucoup d'espèces de Renoncules. Je signalerai à ce sujet un semis que j'ai fait en 1880 avec des graines de *Ranunculus gramineus* provenant d'exemplaires fasciés qui se terminaient par 4 à 5 pistils cohérents entourés par 20 à 25 pétales. Les graines qui ont germé ont donné des exemplaires pour la plupart fasciés et quelques exemplaires absolument normaux.

D'ailleurs, la concrescence de certains pédoncules floraux avec une partie plus ou moins longue de l'entre-nœud correspondant s'observe normalement chez certaines espèces du genre. C'est ainsi que les cymes bipares des *R. laterifolius* et des *R. nodiflorus* montrent tantôt des bractées opposées, tantôt des bractées distantes l'une de l'autre et comme devenues alternes par suite de concrescences.

2° *Feuilles*. — On a étudié avec soin les diverses formes des

feuilles chez les Renoncules aquatiques (1) et la nature du milieu y détermine des formes et des structures variées qui ne sont pas les mêmes chez les diverses espèces.

Je me contenterai, au sujet des modifications des feuilles suivant le milieu, de signaler les feuilles nageantes et les feuilles submergées que l'on peut observer chez les *R. Lingua* et *R. Flammula*.

Chez la première de ces deux espèces, ce ne sont pas seulement les feuilles en rosettes à l'extrémité des stolons qui ont une forme en cœur et qui sont flottantes (2) ; ce sont souvent aussi des feuilles à long pétiole nées sur des rameaux aquatiques, comme le montre l'échantillon qui est représenté par la fig. 104. J'ai observé des feuilles semblables chez le *R. Flammula*. Ces feuilles flottantes ont leurs stomates uniquement sur la face supérieure, du côté du tissu en palissade. Les deux espèces de Renoncules dont je viens de parler présentent aussi, mais plus rarement, des feuilles submergées translucides analogues aux feuilles profondes des Nénuphars. *(A suivre.)*

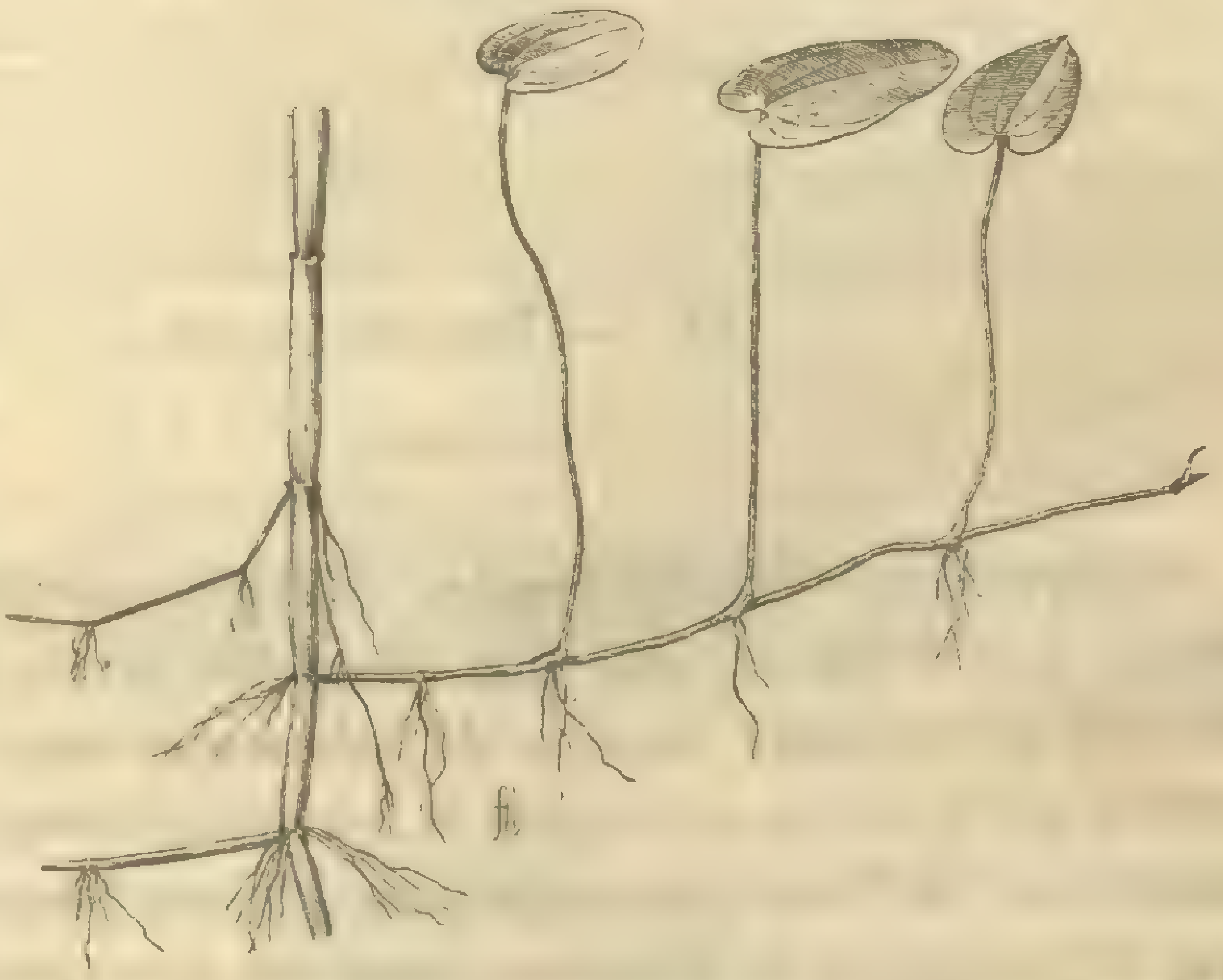


Fig. 104. — Rameau aquatique de *Ranunculus Lingua*, portant des feuilles flottantes, à long pétiole et à limbe en cœur renversé (Herbier Emile Martin).

(1) J. Costantin (*Ann. des sc. nat.*, 7e série, t. III, p. 91).
(2) Royer, *Flore de la Côte-d'Or*, I, p. 12.

RECHERCHES

SUR

LES TUBERCULES

Par M. A. SEIGNETTE

(*Suite.*)

III. — Tige et racine.

Quelques-uns des tubercules étudiés précédemment sont formés par la tige et, pour une très petite partie, par la racine. On sait qu'un grand nombre de tubercules sont, au contraire, formés par la racine principale et, en même temps, par la partie supérieure de l'axe hypocotylé ; les plantes bisannuelles, telles que la Carotte ou la Betterave, sont des exemples classiques de tubercules ainsi constitués ; je ne décrirai pas la structure bien connue de ces deux plantes, mais j'insisterai plus spécialement sur les tubercules vivaces, qui sont aussi formés par la racine principale et par la base de la tige.

34. *Aquilegia vulgaris.* — Si l'on fait germer des graines d'Ancolie, on voit, dès la première année, l'axe hypocotylé et le sommet de la racine principale se renfler ; telle est l'origine du tubercule de l'Ancolie qui va grossir en restant vivace et en produisant successivement de nombreux bourgeons adventifs. La structure de la très jeune racine issue de germination présente deux faisceaux primaires sans moelle développée, en croix avec deux faisceaux libériens.

A l'opposé de ce qui se passe chez les Renoncules, les racines même jeunes et étroites ont des formations secondaires précoces ; la couche génératrice donne, vers l'intérieur, un parenchyme avec quelques vaisseaux du bois et, vers l'extérieur, un tissu de cellules plus grandes, entremêlées çà et là de faisceaux à tubes criblés.

L'écorce est très rapidement exfoliée et l'endoderme dont les cellules sont allongées tangentiellement, recloisonnées perpendiculairement à leur plus grande longueur et subérifiées, finit par devenir externe.

Dans la partie tubérifiée, on observe à peu près la structure que nous venons de décrire, sauf que les dernières assises de l'écorce et l'endoderme sont depuis longtemps exfoliés par une épaisse couche de liège péricyclique.

Ce qui est tout à fait remarquable et ce qu'on observe très rarement dans les tubercules, c'est que c'est surtout dans le parenchyme du liber secondaire que les réserves s'accumulent.

Le cylindre central d'une racine jeune présente deux faisceaux ligneux primaires sans moelle développée avec deux faisceaux libériens en croix.

Les racines même très étroites ont des formations secondaires précoces et actives; la couche génératrice donne un parenchyme mêlé de vaisseaux de bois à l'intérieur, et à l'extérieur un parenchyme à cellules plus grandes avec des faisceaux à tubes criblés.

L'écorce s'exfolie rapidement, et l'endoderme dont les cellules sont très allongées tangentiellement se recloisonnent et se subérifient.

35. *Bryonia dioica*. — Les tubercules de la Bryone sont formés par le renflement de la tige souterraine et, vers leur base, par le renflement de la racine. Ce sont des tubercules vivaces qui peuvent grossir pendant un nombre considérable d'années; j'en ai mesuré qui avaient plus de 11 centimètres de diamètre. J'ai suivi le développement de ces tubercules en partant de la germination; et il est assez facile de voir que les parties tubéri-

fiées sont presque exclusivement formées par le renflement de la tige hypocotylée et par le haut de la racine principale.

Il faut étudier la structure du tubercule jeune, puis à différents états de développement, pour se rendre compte de la nature des tissus qui le forment. En faisant une coupe dans la partie supérieure d'un tubercule très jeune, on trouve ordinairement quatre faisceaux ligneux primaires disposés sur un seul

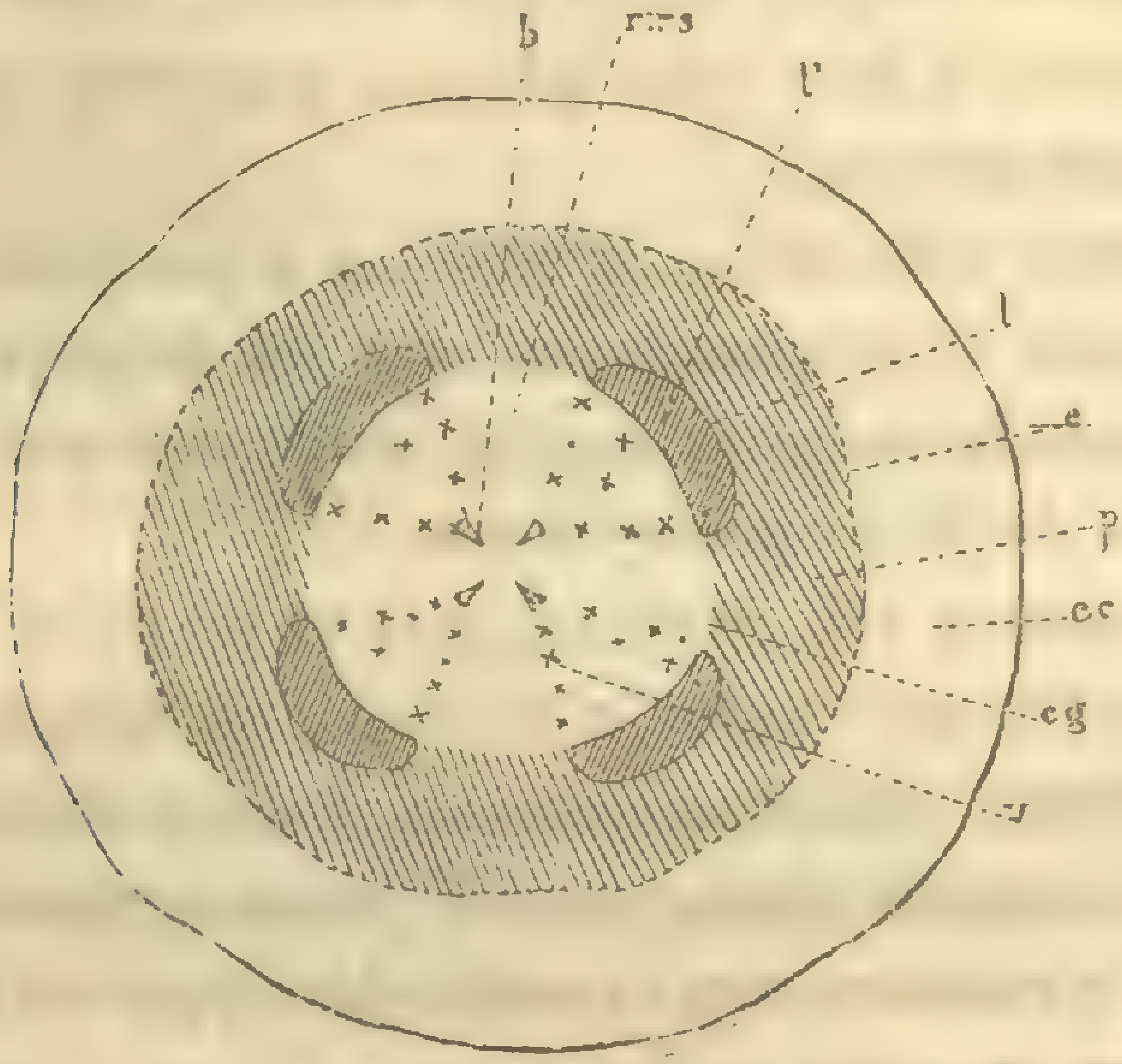


Fig. 105. — Coupe transversale de la partie caulinaire d'un jeune tubercule de *Bryonia dioica* : *ec*, écorce ; *e*, endoderme ; *p*, péricycle ; *l*, liber primaire ; *l'*, liber secondaire ; *cg*, couche génératrice ; *v*, gros vaisseaux épars dans le bois secondaire ; *rms*, rayons médullaires secondaires ; *b*, bois primaire entourant la moelle.

cercle, sans aucun de ces faisceaux internes qu'on observe dans la tige aérienne.

Le péricycle est alors très développé et chacune de ses cellules se subdivise en plusieurs autres à parois minces. La moelle est très réduite et, autour du cylindre central, se trouve une écorce à cellules beaucoup plus grandes que celles du péricycle, av un endoderme très net, dont les plissements sont çà et là lignifiés ; cette écorce est elle-même entourée d'un épiderme à cellules relativement très petites.

La couche génératrice (*cg*, fig. 105) des formations secondaires se produit presque en même temps que la différenciation des premiers vaisseaux ; elle donne, vers l'intérieur, de grands rayons médullaires secondaires *rms* exclusivement formés par du paren-

chyme entre les faisceaux, et, en face du bois primaire, elle forme du parenchyme mêlé çà et là de quelques très gros vaisseaux du bois, *v*.

L'écorce ne tarde pas à être exfoliée par le cloisonnement rapide des cellules du péricycle ; elle est déjà complètement détachée sur les tubercules qui n'ont pas 3 millimètres de diamètre.

Le péricycle, à son tour, est rejeté au dehors par un liège profond qui prend bientôt un grand développement. A partir de ce moment, on peut dire que c'est presque uniquement dans le parenchyme de toutes les formations précédentes, à l'intérieur de la couche génératrice, que s'emmagasinent chaque année les réserves nutritives abondantes qui s'accumulent dans la partie souterraine.

36. *Ruta graveolens*. — La morphologie interne de la partie renflée souterraine de la Rue est assez analogue à la précédente, mais il suffit d'une coupe transversale en travers d'une partie quelconque de ce tubercule, pour voir qu'à l'inverse de l'Ancolie, les réserves s'y accumulent surtout dans le parenchyme mou des formations secondaires ligneuses.

37. *Gaya simplex*. — Cette plante, qui est spéciale à la région alpine supérieure, est vivace au moyen de sa racine principale renflée. La partie tubérifiée est formée à la base par la racine, au sommet par la tige.

Si l'on coupe une jeune racine mince, on voit que les formations secondaires sont très précoces, qu'il n'y a pas de moelle et que le bois primaire et le bois secondaire forment un cordon lignifié au milieu de la racine, tandis que le liber secondaire et parenchymateux est très développé.

Une coupe dans la partie inférieure de la région épaisse fait voir une structure analogue avec un très grand développement du liège qui a exfolié l'écorce. C'est surtout dans le liber secondaire que se trouvent les réserves (sucres, etc.).

Une coupe dans la partie supérieure de la portion tubérifiée montre encore la même structure, sauf que les rayons médullaires secondaires sont plus développés et qu'on voit apparaître une moelle peu étendue. Mais ce qui est particulièrement curieux dans cette espèce alpine, c'est l'étude des échantillons très âgés, où, chez cette plante, la partie souterraine, quoique très allongée, peut avoir un diamètre plus de dix fois plus grand que celui de la tige aérienne.

Je décrirai rapidement la structure de la partie d'un de ces tubercules qui correspond à la racine, chez un échantillon récolté dans la région alpine supérieure de la chaîne du Mont-Blanc et

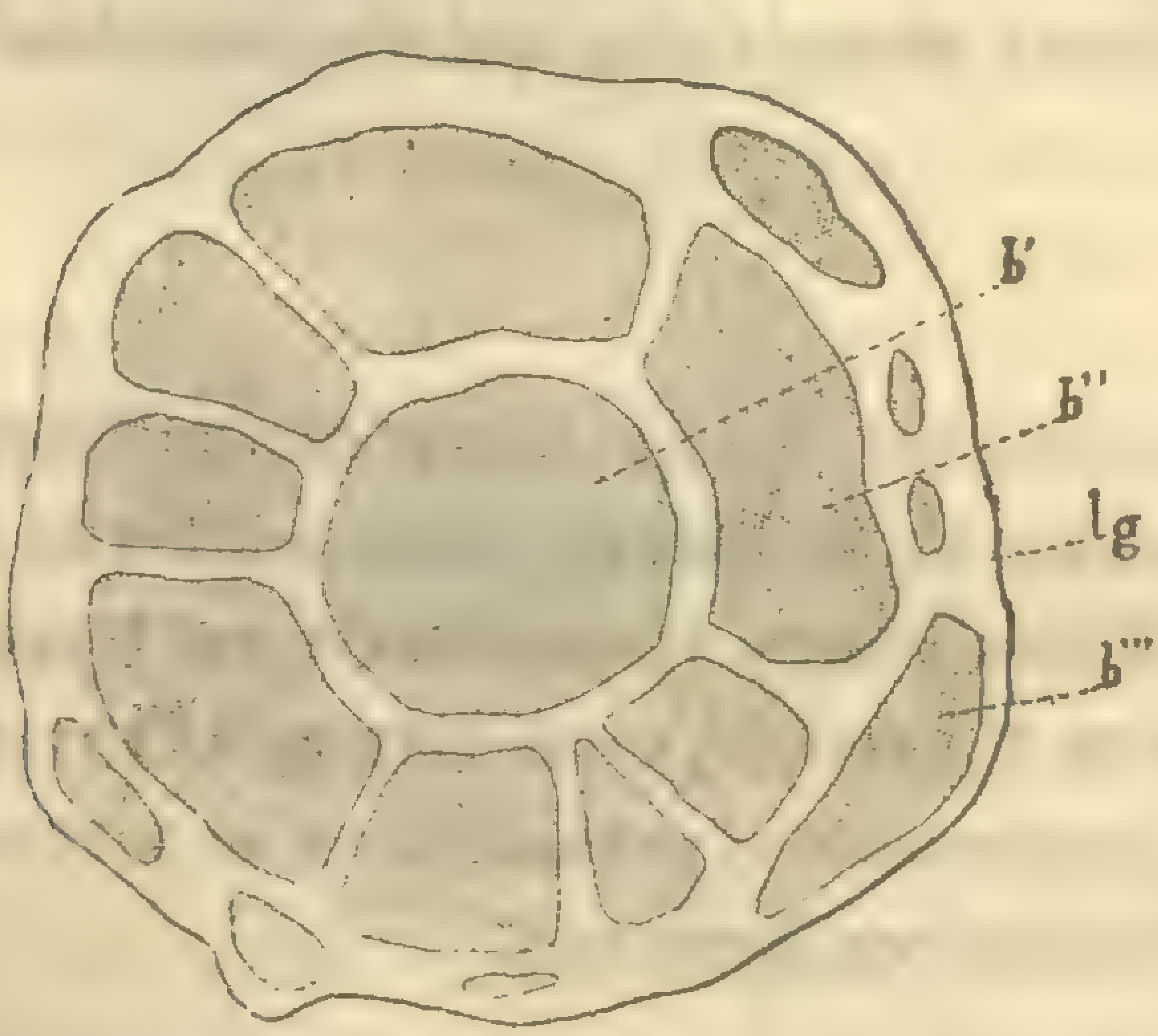


Fig. 106. — Coupe transversale d'une racine épaisse de *Gaya simplex* : *lg*, liège; *b'*, bois secondaire ; *b''*, bois tertiaire ; *b'''*, bois quaternaire.

qui mesurait plus d'un centimètre de largeur. La comparaison de coupes successives faites dans cet échantillon soit entre elles, soit avec les coupes faites dans d'autres échantillons de divers âges, m'a permis de comprendre le mode de formation de cette structure anormale.

La figure 106 représente une coupetransversale de cette partie où l'on a représenté par une teinte les tissus où se trouvent les vaisseaux du bois.

Dans les parties figurées en blanc et qui sont disposées radialement, on ne trouve guère que du parenchyme mou ordinaire, homogène. Dans les parties laissées en blanc, mais qui sont disposées tangentiellement, on trouve du parenchyme çà et là

entremêlé de tubes criblés. L'on peut ainsi se rendre compte d'après cette structure et d'après la comparaison des coupes dont j'ai parlé plus haut, que la partie centrale *b'* est formée par les formations secondaires normales, telles qu'on les observe dans les racines jeunes ; mais dans le liber secondaire qui lui correspond, il s'est produit un certain nombre de formations nouvelles libéro-ligneuses qui ont donné lieu à des formations tertiaires ligneuses *b''* groupées autour des formations secondaires centrales *b'*.

Dans certaines régions du pourtour de la racine, il s'est produit dans le liber tertiaire de nouvelles formations libéro-ligneuses qui donnent lieu, vers l'intérieur, à la production de bois quaternaire *b'''*. Le tout continue à être protégé par un liège *lg* qui paraît se renouveler indéfiniment.

38. *Silene acaulis.* — On connaît cette petite plante à fleurs roses qui croît en touffes dans les hautes régions alpines ; comme dans le *Gaya simplex* dont nous venons de parler, les parties souterraines de cette plante sont extrêmement développées.

C'est ainsi que, tandis que les tiges aériennes n'ont souvent guère plus de quatre centimètres, j'ai pu, déracinant avec soin un échantillon de cette plante, constater que les parties souterraines avaient près de trois mètres de longueur. C'est cette portion de la plante formée supérieurement par la tige plus ou moins rameuse, inférieurement par la racine principale et les radicelles, qui renferme les réserves alimentaires consistant surtout en amidon.

Une branche de la tige souterraine peut avoir plus de dix fois l'épaisseur du pédoncule floral.

Si je place cette Caryophyllée au voisinage de l'Ombellifère dont je viens de parler, c'est qu'au premier abord, une coupe de la partie la plus épaisse du corps souterrain de la plante présente le même aspect général (fig. 108 et fig. 106).

Lorsqu'on coupe une racine jeune, on y voit quatre faisceaux

ligneux primaires sans moelle et des formations secondaires très précoces, dont les parties ligneuses se confondent bientôt avec le bois primaire.

Un liège également précoce et très développé exfolie rapidement l'écorce. Dans la partie renflée, formée par la racine (fig. 107), on voit que, comme chez le *Gaya*, c'est surtout le parenchyme du liber secondaire qui contient les réserves. Dans la partie qui correspond à la tige (fig. 108), on trouve une moelle

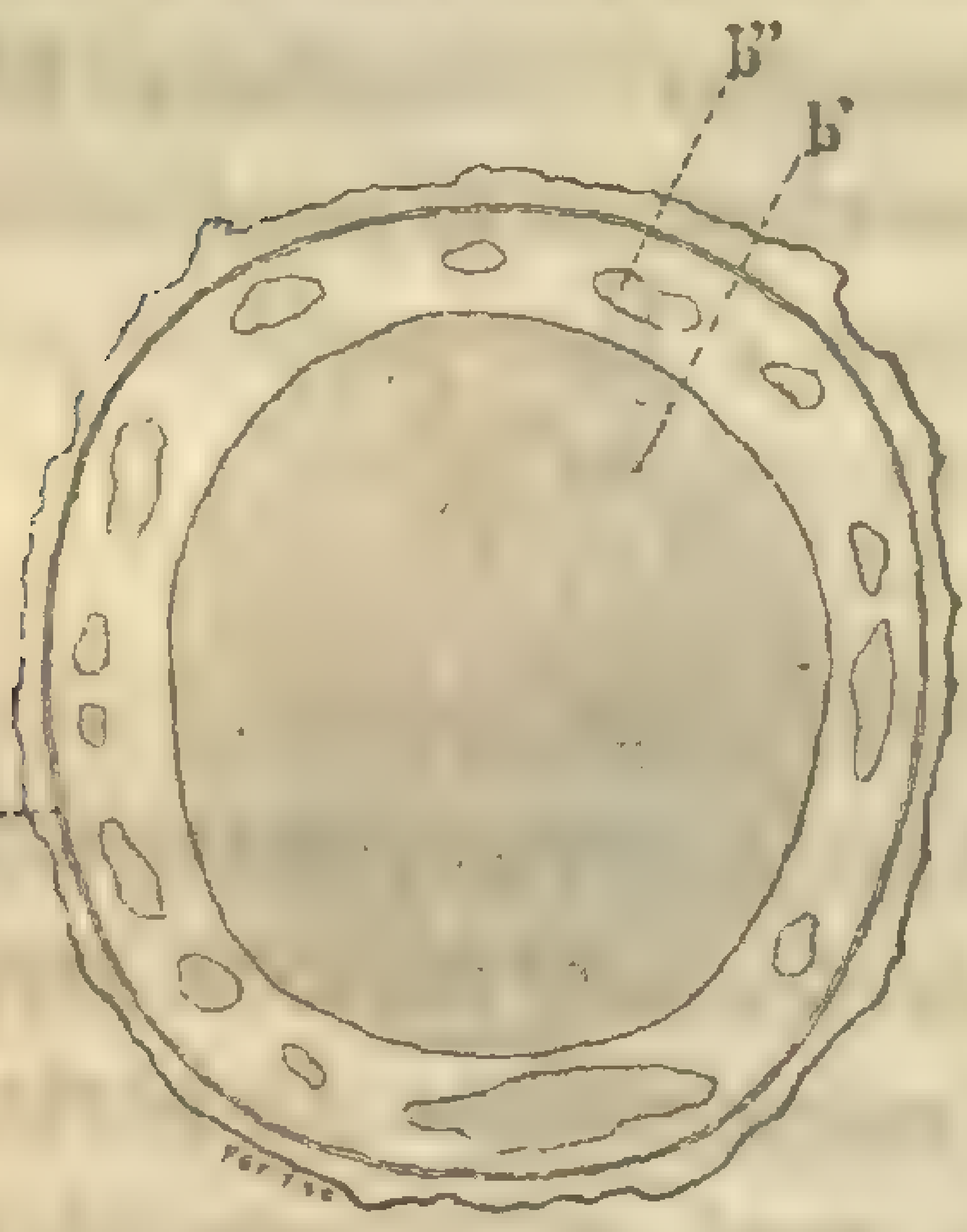


Fig. 107. — Coupe transversale de la racine épaissie de *Silene acaulis* : *lg*, liège ; *b'*, bois secondaire ; *b''*, bois tertiaire.

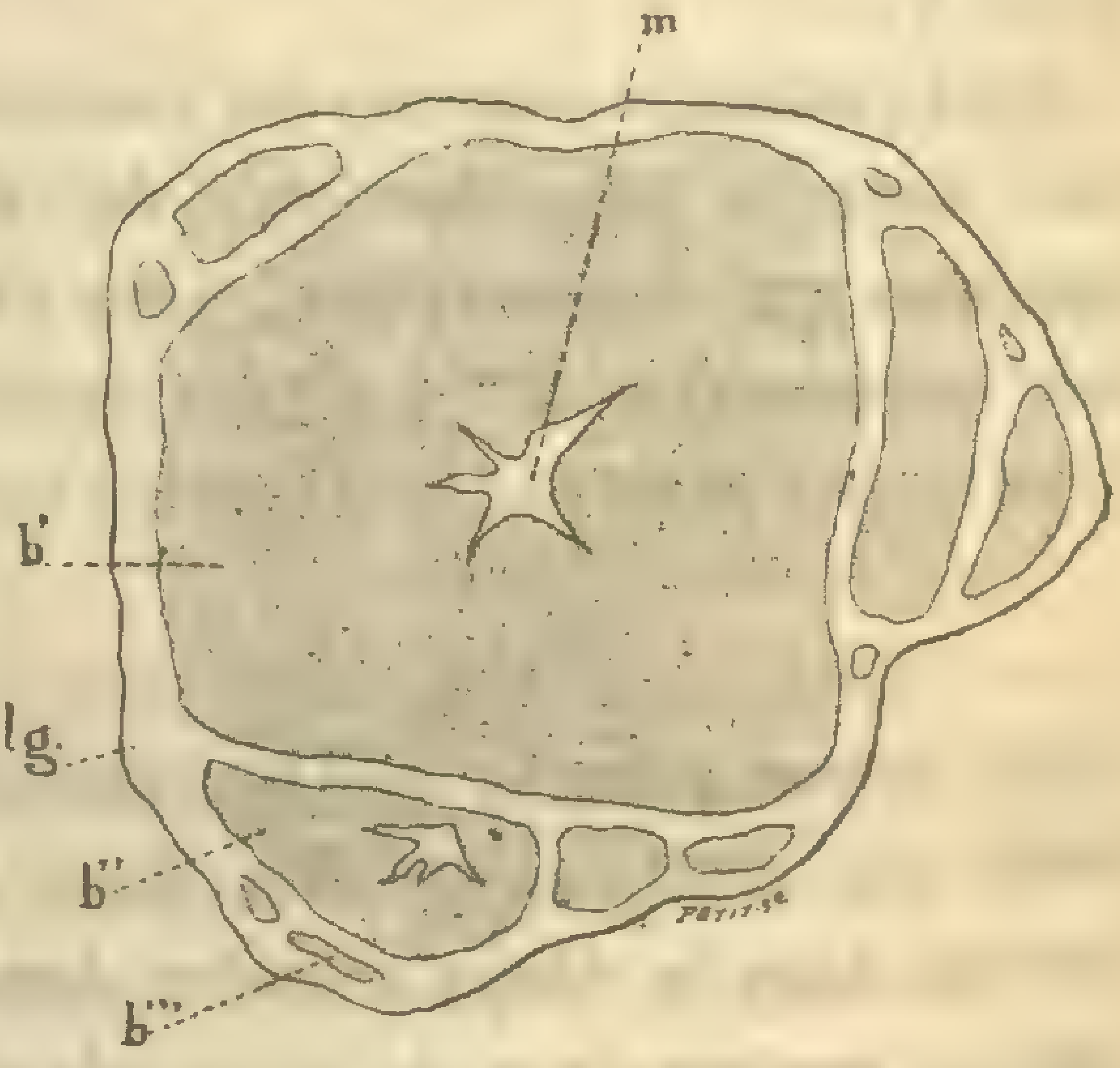


Fig. 108. — Coupe souterraine de la tige souterraine épaissie du *Silene acaulis* : *lg*, liège ; *m*, moelle limitée par le bois primaire ; *b'*, bois secondaire ; *b''*, bois tertiaire ; *b'''*, bois quaternaire.

de forme irrégulière peu développée et à cellules relativement grandes.

Dans l'une comme dans l'autre partie, lorsqu'on examine un échantillon assez âgé, on observe la succession de formations secondaires, tertiaires et quaternaires qui donnent à la coupe transversale de la racine ou de la tige un aspect anormal (fig. 107 et 108), tout à fait semblable à ce que je viens de décrire chez le *Gaya simplex*.

Il est curieux de trouver, chez deux plantes alpines si différentes morphologiquement, une aussi grande analogie de structure.

IV. — FEUILLES.

On sait que, dans un grand nombre de Monocotylédones, certaines feuilles s'épaississent considérablement et emmagasinent des réserves dans leurs tissus; l'ensemble de ces feuilles constitue un bulbe, qui lui-même peut produire des bulbes secondaires; c'est ainsi que se perpétuent et se multiplient un grand nombre de Liliacées, d'Amaryllidées, etc.

C'est toujours dans le parenchyme général de la feuille que se trouvent les réserves de ces plantes, et l'anatomie ainsi que le développement de ces bulbes (*Tulipa*, *Lilium*, *Allium*, etc.) sont trop connus et ont été décrits par de nombreux auteurs avec trop de détails pour qu'il soit nécessaire même de résumer l'exposé de leur organisation.

Je dirai seulement quelques mots d'un curieux exemple de bulbe analogue pris parmi les Dicotylédones.

39. *Oxalis Deppei.* — Le bulbe de cette plante est formé à l'extérieur de feuilles sèches veloutées, très minces en haut, et devenant épaisses à la base sans cesser d'être sèches. A l'intérieur, c'est-à-dire en dedans de quatre ou cinq épaisseurs de feuilles sèches, on trouve des feuilles vivantes minces et visqueuses; ces feuilles sont nombreuses; à mesure qu'on avance vers le centre, elles deviennent de plus en plus visqueuses et épaisses; elles sont moins larges que les feuilles extérieures; l'ensemble du bulbe est donc absolument comparable à celui d'un bourgeon.

Quand le bulbe est placé en terre et qu'il se développe en donnant naissance à une tige feuillée aérienne, on voit de nombreuses racines adventives sortir du bulbe en perçant les feuilles externes.

Les feuilles aériennes qui se développent alors ont une forme

absolument différente de celles qui constituent le bulbe; elles se produisent au-dessus de ces dernières feuilles, celles-ci semblant être réduites à la gaine des feuilles aériennes.

Le bulbe est donc formé par les gaines dans lesquelles s'accumulent les réserves; au moment du développement des feuilles aériennes, on voit en effet au sommet des lamelles les plus intérieures, qui forment le bulbe, c'est-à-dire de celles qui recouvrent le point végétatif, un élargissement se produire : c'est le limbe des feuilles aériennes qui apparaît; ainsi les grandes feuilles palmées aériennes de l'*Oxalis Deppei* et leur très long pétiole se développent au-dessus d'une gaine qui atteint 3 et 4 millimètres.

40. *Oxalis Acetosella.* — Dans le rhizome d'*Oxalis Acetosella*, nous voyons une disposition assez analogue; mais, chez cette dernière plante, les feuilles gorgées de réserve et ayant l'apparence de petites perles blanches sont éloignées les unes des autres et ne forment pas un bulbe.

V. — Tige, Racine et Feuilles.

Il existe des tubercules qui sont formés par le renflement de toutes les parties de la plante : la racine, la tige et les feuilles.

Je prendrai pour type de ces tubercules complexes le tubercule jeune de l'*Anemone coronaria*.

41. *Anemone coronaria.* — Dans cette plante, le tubercule de la première année est formé par la partie supérieure de la racine principale, par l'axe hypocotylé, par la base renflée des deux cotylédons et par la base de la gemmule.

Si l'on fait une coupe à la base du tubercule dans la partie renflée de la racine, on voit au centre de la coupe les deux faisceaux du bois confondus en une seule masse; la tuberculisation

est ici produite par le grand développement des formations secondaires du cylindre central, ainsi que par un certain développement de l'écorce ; il n'y a pas de moelle.

Si l'on fait une coupe un peu au-dessus de la partie que nous venons d'observer, cette coupe passe par l'axe hypocotylé. On aperçoit dans cette coupe la base du faisceau qui forme les premières feuilles de la gemmule; la distinction entre le cylindre central et l'écorce devient très difficile à établir, quoiqu'on puisse bien distinguer le sommet de la gemmule dans laquelle on voit le prolongement des faisceaux primaires qui se rejoignent plus bas à ceux de la racine ; ces faisceaux sont de moins en moins différenciés à mesure qu'on s'approche du sommet de la jeune tige à peine ébauchée. On trouve une grande abondance de réserves dans tout le parenchyme qui relie entre eux les faisceaux libéro-ligneux.

Enfin, si l'on fait une coupe encore plus haut, on y observe quatre faisceaux libéro-ligneux principaux séparés les uns des autres par un tissu homogène rempli de réserves ; ce tissu peut être considéré comme représentant théoriquement le parenchyme de deux feuilles soudées et constituant le faux axe hypocotylé.

On voit donc que ce jeune tubercule de nature si complexe, formé par tous les organes excepté par la tige proprement dite, diffère complètement du tubercule bien connu qui se développe plus tard et qui est constitué par la tige : dans une même plante les réserves peuvent donc, d'après l'époque où on les considère, se trouver dans des organes différents.

VI. — Fleurs.

42. *Allium carinatum.* — On sait que chez quelques espèces du genre *Allium* un certain nombre de fleurs, et souvent toutes les fleurs de la plante, sont transformées en bulbilles ovoïdes et pédicellées.

Ordinairement, ces bulbilles sont compactes et sans feuilles apparentes; détachées de la plante et placées dans des conditions convenables, elles peuvent germer en donnant naissance à un nouvel individu; parfois, elles présentent dans l'inflorescence même un commencement de développement; on y voit alors un certain nombre de feuilles ou d'écailles. J'ai observé des bulbilles semblables développées exceptionnellement dans les ombelles du *Nothoscordum fragrans.* Les *Allium sativum*, *Scorodoprasum*, *vineale*, *oleraceum*, *carinatum*, etc., ont presque toujours des ombelles bulbifères; je prendrai pour type l'*Allium carinatum.*

Dans les bulbilles normales ovoïdes de cette espèce, une coupe transversale montre un parenchyme limité à l'extérieur et à l'intérieur par un épiderme très net; je dis à l'intérieur, voulan exprimer par là qu'on trouve au milieu de ces bulbilles une cavité, bien que cette cavité soit en réalité à l'extérieur des tissus. Six faisceaux libéro-ligneux dont le liber est tourné du côté extérieur de la bulbille sont disposés régulièrement au milieu du parenchyme. Par les intermédiaires que l'on observe souvent entre les bulbilles et les fleurs normales, il est facile de se rendre compte que ces six faisceaux correspondent aux six faisceaux que l'on trouve à la base des fleurs. On peut donc considérer la bulbille comme formée par la concrescence complète, sauf au centre, des diverses feuilles florales renflées, non distinctes les unes des autres, et où les réserves nutritives (amidon, glucose, etc.) s'accumulent dans le parenchyme.

La plupart de ces bulbilles sont entourées d'écailles très minces, et quelques-unes sont transformées en un bourgeon à feuilles distinctes les unes des autres au sommet (sous-variété *viviparum* de l'*Allium carinatum*).

L'étude de ces dernières bulbilles, jointe à celle des fleurs incomplètement bulbifiées, ne permet pas de douter de la nature morphologique de ces tubercules tout particuliers.

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES TUBERCULES.

J'ai déjà indiqué dans la première partie de ce travail quelle est la nature des substances mises en réserves dans la plupart des tubercules étudiés et j'ai fait voir, en quelques cas, comment ces substances sont détruites, soit par une sorte de digestion interne de la plante elle-même, soit par des Champignons ou des Bactéries.

Dans la seconde partie de ce travail, je donnerai le résultat des recherches que j'ai entreprises sur la proportion d'eau contenue dans les tubercules, sur les variations du poids sec pendant leur développement et sur leur température en diverses circonstances.

J'ai laissé de côté, à dessein, l'étude de la respiration et de la transpiration des tubercules qui a déjà été entreprise par MM. Van Tieghem et Gaston Bonnier (1).

1. — Variations de la proportion d'eau et variations du poids sec des tubercules.

L'observation, même superficielle, d'un tubercule fait facilement constater que certains de ces organes souterrains renferment une quantité considérable d'eau contenue dans leurs tissus, tandis que d'autres, très secs d'apparence, en renferment extrêmement peu : l'eau, dans la première sorte de tubercules, constitue donc une véritable réserve localisée dans cet organe.

J'ai fait dessécher des tubercules d'espèces très diverses.

Je les ai placés, pour obtenir leur dessiccation complète, dans

(1) Ph. Van Tieghem et Gaston Bonnier : *Recherches sur la vie ralentie et la vie latente* (Bull. Soc. bot. de France, 1880, 1881 et 1882).

une étuve à 110° et je les y ai laissés jusqu'à ce que leur poids ne change plus; je les pesais tous les huit jours; quelques-uns diminuant de poids pendant plus de six semaines, c'était presque toujours les plus secs (*Cyperus esculentus, Anemone hortensis, Ranunculus asiaticus*, etc.); les autres, à tissus plus humides, cessaient souvent de diminuer de poids au bout de huit à quinze jours (*Begonia erecta*, *Stachys tuberifera*, *Dahlia*, etc.).

Le poids de la matière sèche des différents tubercules par rapport à leur poids total varie beaucoup. Pour les tubercules à l'état de vie ralentie, j'ai trouvé les nombres suivants, pour 100 en poids du tubercule frais :

TABLEAU 1.

Poids sec des tubercules à l'état de vie ralentie.

Begonia erecta......	11,2 p. 100.	*Oxalis Deppei*......	36,3 p. 100.
Daucus Carota......	11,4 »	*Helianthus tuberosus*.	60,2 »
Dahlia variabilis....	15,2 »	*Anemone hortensis*...	69,1 »
Stachys tuberifera...	19,3 »	*Ranunculus asiaticus*.	84,6 »
Oxalis crenata......	23,6 »	*Cyperus esculentus*...	87,2 »
Solanum tuberosum..	29,5 »		

Ces quelques nombres suffisent pour montrer l'extrême variabilité qu'il y a dans la quantité d'eau mise en réserve dans les tubercules de diverses espèces.

J'ai ensuite cherché les poids secs des tubercules de même espèce, à l'état de vie manifestée, après qu'ils furent restés un certain nombre de jours dans la terre, et j'ai trouvé comme expression du poids sec pour 100 en poids du tubercule frais, les nombres suivants après un séjour de dix jours de ces tubercules dans le sol :

TABLEAU 2.

Poids sec des tubercules après un séjour de dix jours dans le sol.

Begonia erecta.......	9,5 p. 100.	*Solanum tuberosum*..	24,3 p. 100.
Daucus Carota......	10,8 »	*Oxalis Deppei*......	33,6 »
Dahlia variabilis....	6,32 »	*Helianthus tuberosus*.	36,8 »
Stachys tuberifera...	12,6 »	*Anemone hortensis*..	64,2 »
Oxalis crenata......	20,5 »	*Cyperus esculentus*...	83,5 »

Il résulte de la comparaison de ces nombres avec ceux du

tableau 1, que le poids sec a diminué considérablement pour tous les tubercules, mais que la proportion dans la diminution est très différente; ainsi tandis que, pour l'Anémone et le *Cyperus*, cette diminution dans le poids sec est relativement très petite, pour le Dahlia et le Topinambour elle est très considérable.

Dans la troisième série d'expériences, c'est-à-dire après que les tubercules eurent passé vingt jours dans le sol, le poids sec a continué à diminuer, mais dans ce cas encore le rapport dans la diminution de ces poids est très variable pour les différents tubercules soumis à l'expérience; aussi tandis que le poids sec du Bégonia passe de 9,5 à 8,2, et celui de la Carotte de 10,8 à 9,3, le *Stachys*, dans les mêmes conditions, passe de 12,6 à 5,6, la Pomme de terre de 24.3 à 17,3 et le Topinambour de 36,8 à 24,5.

Une quatrième série d'expériences donnant le poids sec des tubercules restés trente jours dans le sol nous montre encore une diminution très faible pour le Bégonia et la Carotte, une diminution bien plus considérable pour le *Stachys* qui passe de 5,6 à 2,2, pour la Pomme de terre de 17,3 à 10,3, pour le Topinambour de 24, 5 à 12,7; mais nous remarquons aussi une diminution considérable dans le poids sec pour les tubercules: *Oxalis Deppei*, de 18,7 à 10,5, d'Anémone de 50, 3 à 34,5.

Une cinquième et une sixième série de pesées pour les tubercules restés dans le sol quarante jours et cinquante jours accentuent encore ces différences; tandis que le Bégonia et la Carotte ne perdent presque plus rien, et que leur poids sec varie à peine de 8 à 7, nous voyons le poids sec devenir presque nul pour la Pomme de terre et le Dahlia, et tout à fait nul (le tubercule n'existant plus) pour le *Stachys*. Nous voyons également le poids sec de l'Anémone diminuer considérablement et passer de 34,5 à 5. Le *Cyperus* aussi commence à avoir un poids sec beaucoup plus faible au bout de quarante jours, où il est passé de 87,2 à 22.

Nous pouvons conclure de ces quelques observations que certains tubercules (*Begonia, Daucus*, etc.), qui ont un poids sec très faible à l'état de vie ralentie, subissent, pendant le début

de leur développement, une diminution peu accentuée de ce poids sec; les réserves s'épuisent, mais il y a dans ces tubercules des parties qui résistent assez longtemps à la décomposition; d'autres tubercules (*Dahlia*, *Stachys*, etc.), qui ont aussi un poids sec assez faible à l'état de vie ralentie, s'épuisent très vite, et en quelques semaines le tubercule est entièrement détruit, soit que les réserves aient été assimilées, soit qu'elles aient été détruites par les bactéries; enfin nous voyons d'autres tubercules (*Anemone*, *Cyperus*, *Oxalis*, etc.), qui perdent très peu de leur poids sec pendant les premiers temps de la végétation, mais qui au bout d'un certain temps ont, au contraire, une destruction aussi rapide et même plus rapide que les précédents.

Chez le *Stachys tuberifera* j'ai cherché le poids sec des tubercules en voie de formation et j'ai constaté que ce poids augmente très régulièrement pendant les six ou sept semaines que mettent les tubercules à se former.

Quand les tubercules sont sous la forme de petites perles blanches, le poids sec est d'environ 2 p. 100, puis la proportion est déjà de 7 p. 100 quand ils ont à peu près la moitié du volume qu'ils doivent atteindre; quand le tubercule s'arrête, le poids sec atteint en moyenne 14 p. 100, et c'est lorsqu'il est resté un certain temps immobile qu'il atteint son maximum que j'ai trouvé égal à 19,3 p. 100.

Dans les tubercules anormaux j'ai obtenu comme moyenne 9,5 p. 100.

Pour les *Stachys tuberifera* et les *Cyperus esculentus*, j'ai cherché dans une série d'expériences quelle était la variation du poids sec pour un poids 100 du tubercule à l'état de vie ralentie.

Pour cela, j'ai mis dans le sol quinze tubercules de *Stachys* à l'état de vie ralentie et quinze tubercules de *Cyperus* dans les mêmes conditions; tous ces tubercules avaient isolément été exactement pesés; tous les huit jours j'ai enlevé du sol un de ces tubercules et j'en ai pris le poids sec. En ramenant les nombres que j'ai obtenus à un poids 100 de la matière sèche de tubercule, j'ai obtenu les résultats suivants.

Les nombres ci-dessous indiquent la diminution du poids sec des tubercules, pour un poids 100 de matière sèche contenue dans ces tubercules à l'état de vie ralentie (19,3 a été pris comme poids sec des tubercules de *Stachys* à l'état de vie ralentie et 87,2 pour ce même poids dans les tubercules de *Cyperus*).

Stachys tuberifera.	p. 100.	*Cyperus esculentus.*	p. 100.
Perte après 1 semaine......	1,5	Perte après 1 semaine......	0,10
— 2 —	2,0	— 2 —	0,50
— 3 —	3,25	— 3 —	0,60
— 4 —	4,22	— 4 —	0,90
— 5 —	8,20	— 5 —	1,25
— 6 —	12,30	— 6 —	3,70
— 7 —	18,20	— 7 —	6,50
— 8 —	27,00	— 8 —	12,80
— 9 —	34,50	— 9 —	19,65
— 10 —	38,00	— 10 —	26,70
— 11 —	52,00	— 11 —	30,40
— 12 —	62,00	— 12 —	35,70
— 13 —	92,00	— 13 —	37,60
— 14 —	97,00	— 14 —	40,40
— 15 —	00,00	— 15 —	42,00

On voit que la proportion de poids sec diminue à mesure que le tubercule passe de l'état de vie ralentie (pendant laquelle cette proportion est à son maximum) à l'état de vie manifestée, à la fin de laquelle elle peut devenir nulle quand le tubercule est entièrement détruit.

On constate aussi qu'il y a un temps où la destruction de la substance sèche est beaucoup plus rapide : de la 11^{e} à la 14^{e} semaine dans les *Stachys*, de la 6^{e} à la 12^{e} semaine dans les *Cyperus*.

2. — Température des tubercules.

On a fait un certain nombre d'observations bien connues sur la température des végétaux : les unes portent sur la température de la fleur, les autres sur celle des fruits ou des tiges, ou

des graines germant. La plupart des observations faites ont surtout trait à la conductibilité des tissus végétaux.

Il m'a paru intéressant de mesurer la température des organes souterrains où s'accumulent les réserves et de voir quels étaient les rapports des températures de ces organes à leurs différents degrés de développement avec celle du sol.

Quelques observations avaient déjà été faites par Gœppert, qui avait, par exemple, trouvé que les tubercules de Pommes de terre atteignaient dans certaines conditions, une température supérieure de 3 degrés à la température du sol.

Ces observations sont très délicates et exigent un temps considérable, à cause des nombreuses causes d'erreurs que comportent les manières d'opérer et l'extrême sensibilité des instruments dont on doit faire usage pour ces mesures.

J'ai employé deux méthodes pour mesurer ces températures : 1° les appareils thermo-électriques où l'action est en rapport avec la déviation de l'aiguille aimantée d'un galvanomètre ; 2° le thermomètre à mercure légèrement transformé pour rendre plus faciles et plus rapides les observations.

I. — Appareils.

1° Description des aiguilles thermo-électriques employées pour mesurer la température des tubercules.

Ces aiguilles (fig. 109) ont été construites par M. Gaiffe d'après les indications de M. d'Arsonval.

Dans la pointe N de l'aiguille en acier nickelé se trouve une petite masse de melchior, toute la partie cylindrique de l'aiguille est creuse, et forme un tube d'acier nickelé ; vers la partie supérieure de l'aiguille en V′ se trouve une vis de pression qui permet de mettre en contact un fil d'acier F′ avec un cylindre également d'acier qui adhère à l'aiguille,

Dans l'intérieur de l'aiguille, se trouve un fil de melchior dont une extrémité est fixée à la petite masse de melchior qui est

dans la pointe, et dont l'autre extrémité vient s'enrouler en *c* sur un cylindre de melchior ; dans ce cylindre on peut faire adhérer un fil F de laiton au moyen d'une vis de pression V.

On fait communiquer l'autre extrémité du fil F′ avec une autre aiguille absolument identique, et l'on fixe cette dernière extrémité sur la seconde, comme on a fait pour la première.

Si les deux extrémités des deux aiguilles sont à la même température, on ne constatera pas de courant thermo-électrique, et si l'on met les fils partant de F dans les deux aiguilles, en communication avec un galvanomètre, on n'observera aucune déviation de l'aiguille de cet appareil ; mais si l'une des aiguilles est plus chaude que l'autre, on verra immédiatement se produire une déviation indiquant un courant allant par le galvanomètre de la soudure la plus chaude à la soudure la plus froide ; l'amplitude de la déviation peut servir à mesurer l'intensité du courant.

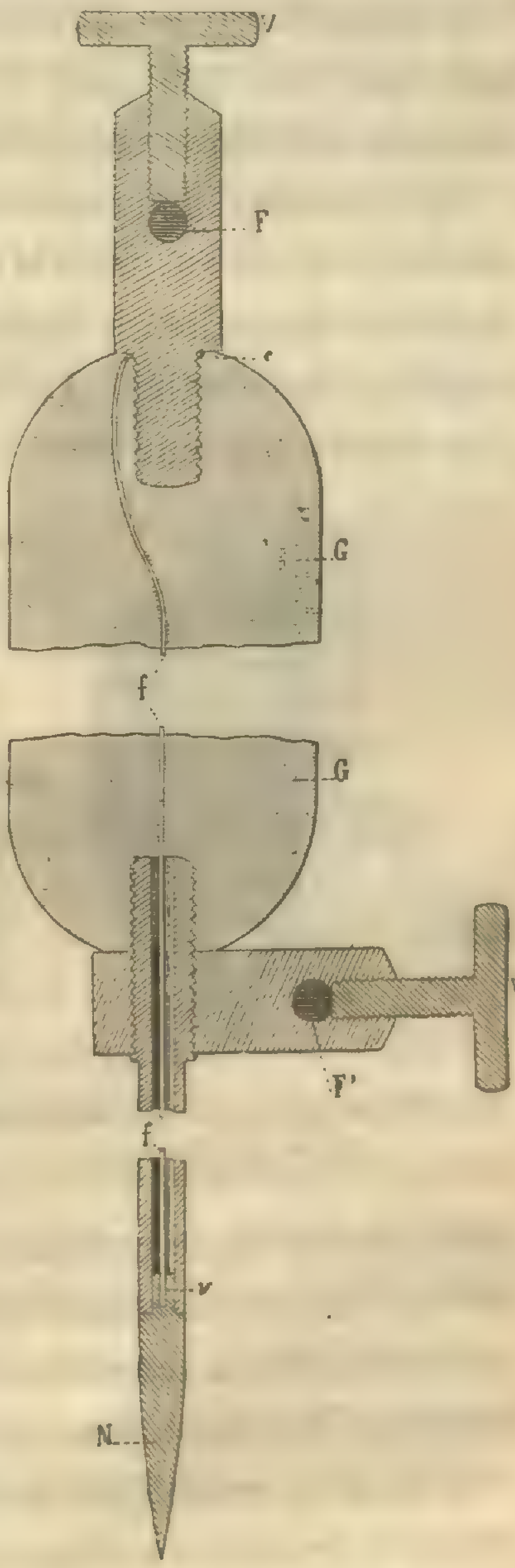


Fig. 109. — Coupe longitudinale d'une aiguille thermo-électrique.

La partie supérieure de l'aiguille est entourée d'une gaine de gutta-percha qui permet de prendre les aiguilles avec les doigts sans provoquer de courant thermo-électrique ; si le contact est très court et la température des doigts très peu différente de celle de l'air, l'isolement est suffisant.

Les courants produits par les différences de température que j'ai eu à mesurer sont très faibles, et ces appareils sont tellement délicats qu'il faut, pour constater et mesurer de si

faibles courants, des galvanomètres d'une extrême sensibilité.

Je me suis servi d'un galvanomètre de Thomson (1) (à droite, pl. 22 et 23; et fig. 110 et 111).

Je rappellerai en quelques mots la disposition de cet appareil, qui est combinée de manière à mesurer l'intensité de courants extrêmement faibles.

Un très court barreau aimanté *ab*, soutenu par un fil de soie sans torsion fixé à une vis *v*, porte un miroir *m*. Un poids *p* est placé à l'extrémité du fil de soie pour que le plan du miroir soit toujours bien vertical. Le barreau *ab* est placé au centre du cadre d'un multiplicateur dont on voit la coupe et l'une des extrémités du fil (fig. 110). Au moyen d'un barreau auxiliaire mobile autour de son centre et situé sur une tige verticale (pl. 21 et 22), on peut donner au petit barreau *ab* la direction que l'on voudra; on tourne ce barreau auxiliaire de telle manière que le miroir, éclairé par une lampe placée en avant de lui, envoie une petite image blanche sur le zéro de la graduation d'une règle divisée, placée à une certaine distance de l'appareil (pl. 21 et 22). En élevant ou en abaissant le barreau auxiliaire, on augmentera ou on diminuera la sensibilité de l'appareil; mais il y a une certaine limite qu'il ne faut pas dépasser; quand le barreau auxiliaire est trop haut, la sensibilité de l'appareil est telle que la moindre cause d'erreur trouble absolument les mesures; dès que les courants que l'on veut mesurer ne sont pas extrêmement faibles, on a grand avantage à rabaisser un peu le barreau. Comme je l'ai dit plus haut, j'ai pu avec cet appareil mesurer l'intensité de courants thermo-électriques provoqués par une différence de température d'un centième de degré, mais par crainte des causes

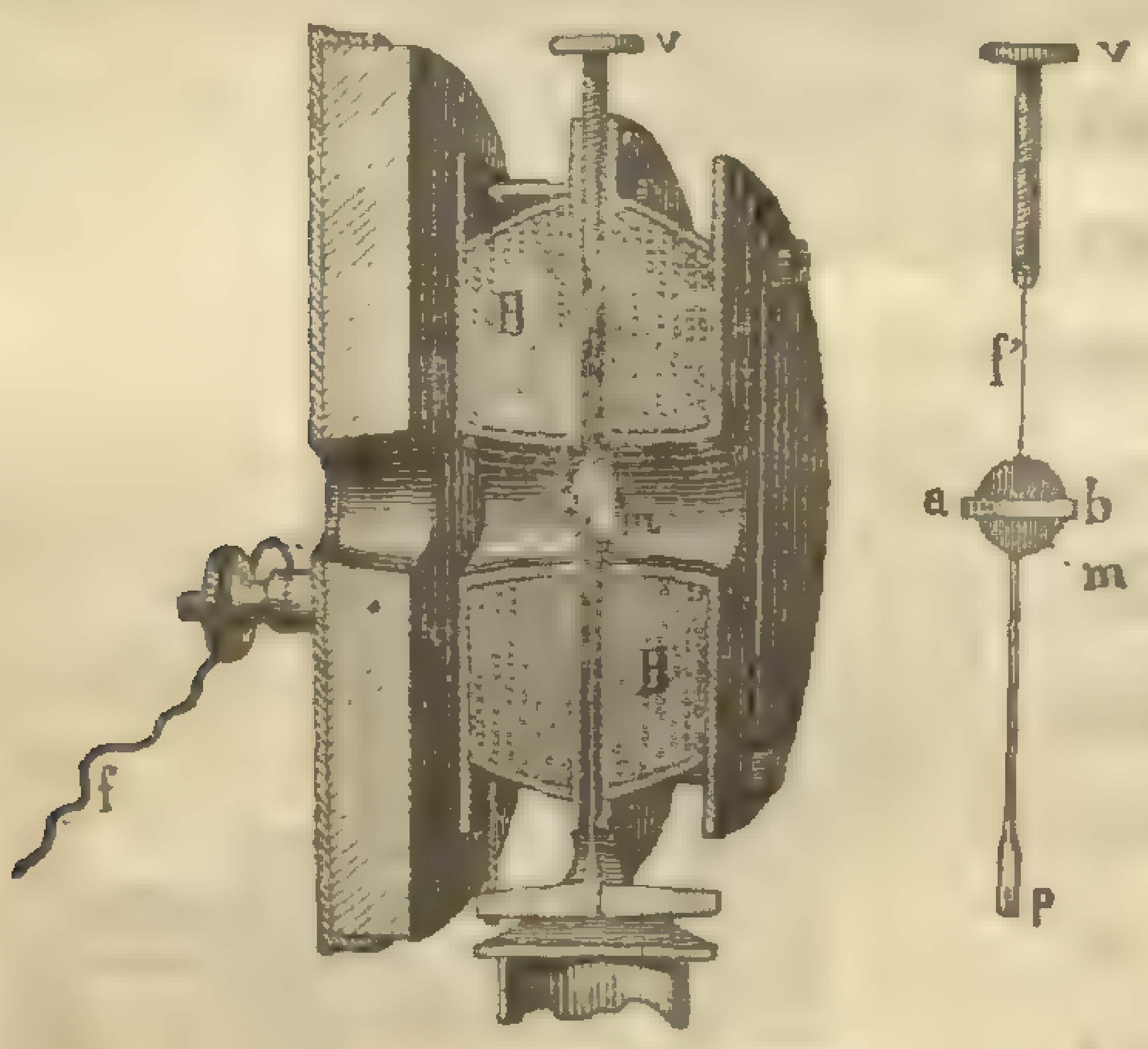


Fig. 110 et 111. — Détail du galvanomètre de Thomson.

(1) J'ai à remercier vivement M. Bouty, professeur à la Sorbonne, qui a bien voulu mettre cet appareil à ma disposition.

d'erreur, j'ai dû dans mes calculs et dans mes observations m'en tenir au cinquantième de degré.

Direction du courant. — Le courant, passant par le galvanomètre, va de la soudure la plus chaude à la soudure la plus froide ; rien n'est plus facile d'ailleurs que de vérifier dans quel sens dévie l'aiguille pour le côté le plus chaud : les deux aiguilles ayant la même température dans de la moelle de sureau, et l'image du miroir étant au zéro de la graduation, on approche le doigt de l'une d'elles ou même on la touche légèrement, on voit immédiatement l'image blanche courir sur l'échelle, et son déplacement à droite ou à gauche indique la direction que l'augmentation de température donne au courant ; on sait donc que si dans une expérience suivante l'image prend cette même direction, c'est que l'aiguille touchée sera la plus chaude, et inversement.

2° *Graduation de l'appareil.*

Pour graduer l'appareil, c'est-à-dire pour constater à quelle différence de température correspondait dans mes expériences une division de la règle, j'ai plongé l'une des aiguilles thermo-électriques dans de l'eau à 5° et l'autre dans de l'eau à 6° ; la température de l'eau était donnée par deux thermomètres très exacts, indiquant des dixièmes de degré. J'ai placé la règle graduée à une distance telle que la déviation soit de 25 divisions; comme il est facile de mesurer, même à l'œil nu, une demi-division, j'ai pu compter sur la mesure d'un cinquantième de degré ; le contrôle de ces indications a été fait, c'est-à-dire qu'après avoir ramené l'image au zéro, j'ai interverti la place des aiguilles ; celle qui était dans l'eau à 6° a été mise dans l'eau à 5° et inversement ; la déviation a encore été de 25 divisions. J'ai opéré de même en mettant l'une des aiguilles dans de l'eau à 10° et l'autre dans de l'eau à 11°, puis l'une dans l'eau à 15° et l'autre dans l'eau à 16° et ainsi de suite, et j'ai chaque fois placé la règle à une distance de l'appareil nécessaire pour produire une déviation de 25 divisions correspondant à une

différence de 1°. Les expériences vont depuis —6° jusqu'à +14°.

Une déviation de 25 divisions de la règle graduée correspondant ainsi à une différence de température des aiguilles de 1 degré, on voit qu'une déviation d'une division correspond à 0,04 de degré et celle d'une demi-division à 0,02 de degré, aproximation qui pourrait être dépassée, mais à laquelle j'ai cru plus prudent de m'arrêter, à cause des très nombreuses précautions à prendre pour éviter les erreurs inhérentes à l'emploi d'appareils aussi sensibles que le galvanomètre de Thomson et les aiguilles thermo-électriques.

3° Précautions à prendre dans l'emploi des aiguilles thermo-électriques et de l'électromètre de Thomson pour la mesure des températures des tubercules.

L'appareil peut indiquer des centièmes de degré, mais pour obtenir une pareille sensibilité il faut tellement diminuer l'intensité de la force directrice de la terre, en remontant l'aimant, que la moindre action étrangère à l'expérience agit sur l'aiguille, et les causes d'erreurs deviennent plus nombreuses et plus considérables. Quand l'appareil est si sensible, l'aiguille est toujours en mouvement sous l'influence des variations les plus faibles de l'intensité du magnétisme terrestre. Aussi n'ai-je pas cherché à pousser la sensibilité jusqu'à ce point ; j'ai gradué l'appareil de manière à ce qu'il indique seulement des cinquantièmes de degré. Même avec cette sensibilité relativement moindre, bien des précautions sont nécessaires pour pouvoir considérer comme certains les résultats donnés par un appareil aussi délicat.

1° A cause des changements constants dans l'état du magnétisme terrestre, l'image se déplace fréquemment et ce déplacement peut atteindre jusqu'à 10 divisions de la règle en moins d'une demi-heure ; il est donc indispensable, après chaque opération, de remettre les deux aiguilles à une même température dans la sciure de bois et de vérifier si l'image revient bien au zéro de la graduation ; si elle n'y revient pas, il faut tenir compte de

ce déplacement. Si la déviation se fait dans le sens de celle donnée par le tubercule, il faut retrancher du nombre de divisions observées le nombre de divisions qui séparent actuellement l'image du zéro; dans le cas où la déviation se fait en sens contraire, il faut au contraire ajouter au nombre de divisions observées dans l'expérience le nombre de celles qui indiquent le changement du magnétisme terrestre.

2° Il faut toujours faire une expérience de contrôle, mettre dans le tubercule l'aiguille qui était dans la sciure de bois et inversement : les deux déviations, quand on a fait les corrections indiquées précédemment, doivent être égales. — On voit donc que la mesure exacte d'une température dans ces conditions exige près d'une heure.

3° Il faut aussi tenir compte des variations accidentelles; si, par exemple, l'on s'approche de l'appareil, en ayant une clef sur soi, il se produit une déviation qui peut quelquefois être de 20 à 25 divisions; si l'appareil est placé près d'une porte, le déplacement de la serrure de fer quand on ouvre ou quand on ferme la porte est suffisant pour provoquer des déviations qui entacheraient d'erreur les observations. Le déplacement d'une personne dans la salle peut aussi, par le mouvement donné au sol de la pièce, provoquer des oscillations de l'aiguille qui retardent les expériences; toute cause d'élévation de température extérieure doit être évitée avec le plus grand soin, les résultats de l'expérience seraient faussés; ainsi le bec de gaz dont je me servais pour produire l'image brillante sur le miroir a dû aussi être reculé; la chaleur qu'il provoquait au bout de quelques instants suffisait pour influencer les aiguilles et même les tubercules.

4° L'aiguille doit être introduite le plus lentement possible dans le tubercule; le frottement développe en effet de la chaleur, que l'on pourrait facilement considérer comme étant due à la température du tubercule. C'est surtout dans les tubercules secs à tissu résistant que cette température est sensible; elle peut être de 3 à 4 degrés.

5° Les aiguilles doivent être maniées avec beaucoup de déli-

catesse; elles ne doivent jamais être touchées que par la substance isolante et le moins longtemps possible.

Les tubercules dans mes expériences n'ont été touchés qu'avec des pinces de bois.

Le galvanomètre doit être placé sur une plate-forme en bois, fixé au mur et non sur une table ou un support s'appuyant sur le parquet; cette disposition empêche l'appareil de subir les trépidations du sol, quand on se déplace dans la salle.

Il est avantageux d'avoir les doigts enfermés dans des poches de caoutchouc.

4° Description des thermomètres employés pour mesurer la température des tubercules.

J'ai employé, pour mesurer la température des tubercules, des thermomètres spéciaux dont le réservoir avait une forme effilée (R, fig. 112), qui ont été construits avec grand soin par M. Alvergniat.

Fig. 112. — Thermomètre employé pour la mesure des températures des tubercules.

La figure 113 représente le dispositif d'une expérience, où l'on comparait la température d'un tubercule germant (A) à un tubercule de la même espèce, placé exactement dans les mêmes conditions, mais à l'état de vie ralentie.

En perforant un tubercule et en y introduisant le réservoir d'un thermomètre, on met évidemment le tubercule dans un état anormal qui peut avoir de l'influence sur sa température ; cet effet s'est toujours manifesté par une augmentation de température ; mais, en général, cette augmentation qui atteint quelquefois plusieurs degrés est de peu de durée. En effet, si

le thermomètre reste fixé plusieurs mois dans la cavité pratiquée dans le tubercule, les rapports des températures indiquées avec celles des milieux ambiants ont été à très peu près les mêmes que

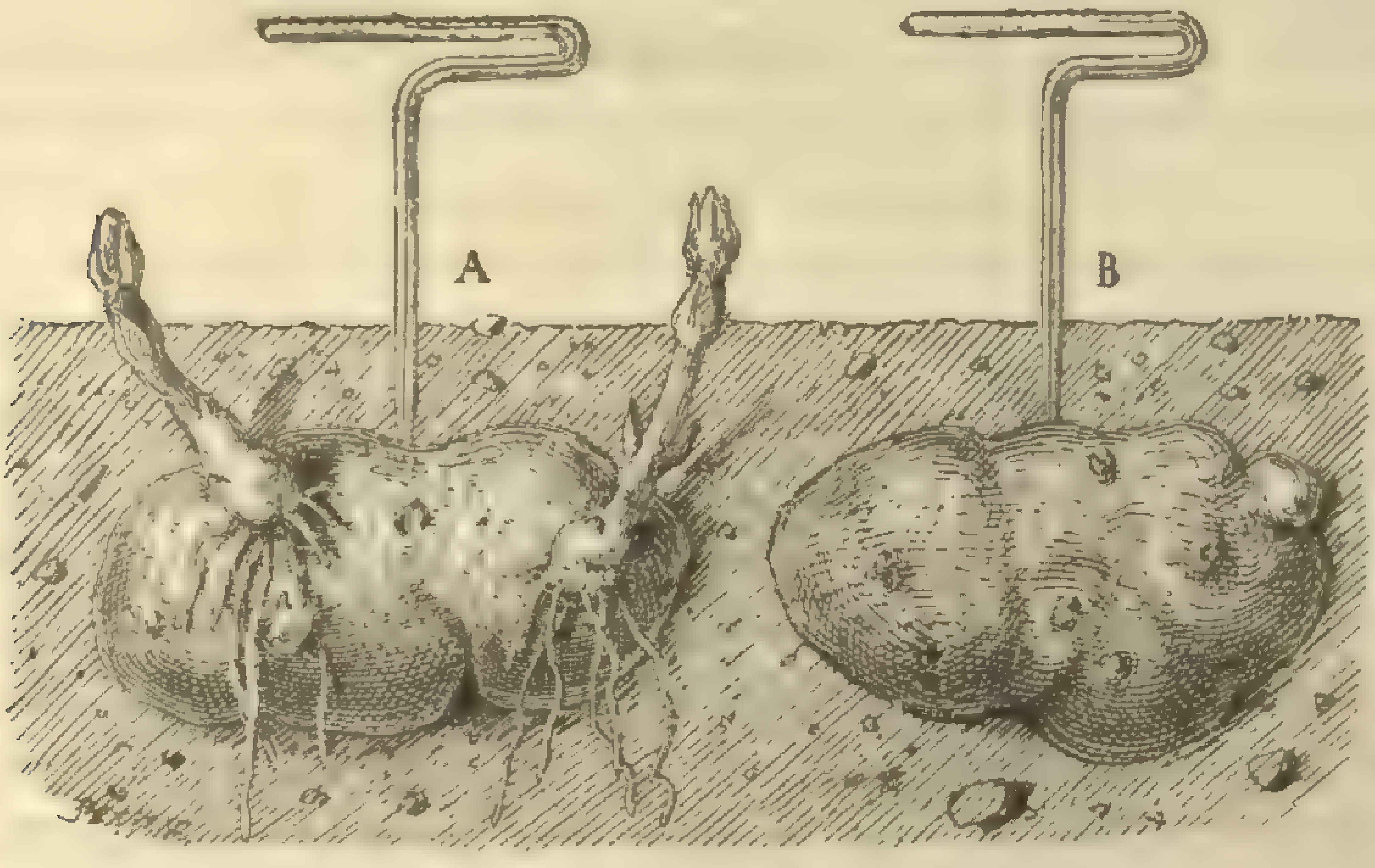


Fig. 113. — Mesure de la différence des températures entre un tubercule germant A, et un tubercule à l'état de vie ralentie B.

ceux indiqués par les tubercules de même espèce sur lesquels on opérait peu de temps après la perforation.

L'essentiel est d'attendre que la chaleur développée par la perforation soit dégagée et ne vienne pas s'ajouter à la chaleur propre du tubercule. Le frottement du réservoir du thermomètre dans le tubercule peut provoquer momentanément une élévation de température notable.

(A suivre.)

REVUE DES TRAVAUX DE PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

PARUS EN 1888 OU DANS LE COURS DES ANNÉES PRÉCÉDENTES

(Suite.)

Les Calamariées que le comte de Solms sépare, dans son *Einleitung*, des Equisétacées, mais que M. Zeiller au contraire réunit avec plus de raison, selon nous, en un seul groupe, sous la dénomination commune d'Équisétinées, offrent effectivement avec ces dernières plantes, les seules de la classe qui auraient survécu à la disparition graduelle des types qu'elle comprenait à l'origine, une analogie trop étroite et trop visible pour être trompeuse. Aucune question n'a suscité plus de débats et entraîné plus de dissentiments et de malentendus que celle de la nature des rapports à établir entre les Calamites vraies à parois caulinaires minces et non ligneuses, avec les Équisétées, d'une part, auxquelles elles tiennent incontestablement par tous les caractères visibles de leur structure et, d'autre part, avec les Calamodendrées ou Calamites ligneuses vis-à-vis desquelles elles offrent également, sauf l'épaisseur relative de la paroi caulinaire, une analogie également incontestable. Si l'on tâche, après avoir lu attentivement le résumé très nourri du comte de Solms (1), et les quelques pages consacrées par M. Zeiller à la même question (2), en combinant les dires de ces auteurs et de ceux, tels que Weiss, Williamson, Grand'Eury et Renault, qui ont pris une part active aux débats soulevés à plusieurs reprises, on voit qu'un enchevêtrement de causes très diverses a longtemps mis obstacle à ce qu'on pût s'entendre et qu'en définitive la question avait été, dès l'origine, non pas peut-être mal comprise, mais assurément mal posée par Brongniart. En effet, tant en ce qui concerne les Sigillaires, qu'en ce qui touche les Calamariées, ce savant illustre, cédant aux théories alors régnantes sur la limite infranchissable des embranchements, croyant à l'existence d'un abîme entre les Cryptogames et les Phanérogames, fut porté à voir dans la présence d'un anneau de bois secondaire propre à certaines Calamites, les autres en étant dépourvues à l'exemple des Équisétées, non seulement un motif fort raisonnable de les distinguer les unes des autres, mais encore de ranger les unes parmi les Phanérogames, en laissant les autres dans les Cryptogames. Chez celles-ci effectivement, l'existence d'un accroissement secondaire des éléments libéro-ligneux était considérée comme non admissible. C'était là, à l'époque relativement reculée à laquelle remontent les premières observations d'Adolphe Brongniart, une sorte d'axiome; comment donc s'étonner que ce maître

(1) *Einleitung*, p. 302, 351.
(2) *Fl. foss. du bassin houiller de Valenciennes*, p. 316 et suiv.

ait transmis à ses disciples et à son école sa manière de voir? Bien plus, il ne put être que confirmé dans sa pensée par la découverte des graines variées, de structure gymnospermique, rencontrées en abondance dans les lits carbonifères, qu'il décrivit avec sa sagacité ordinaire dans le bel ouvrage devenu son testament scientifique et pour lequel les recherches de M. Grand'Eury (1) et l'habileté perspicace de M. Renault lui furent de tant d'utilité. Mais si la ténuité de la paroi cellulaire de certaines Calamites, et nous en fournirons bientôt la preuve, ne saurait être sérieusement contestée, cette même ténuité a dû être un obstacle à la conservation et à la conversion en silice des tiges de ces mêmes espèces, qui d'ailleurs ne se montrent pas avec une égale abondance dans toute l'étendue des lits carbonifères et paraissent multipliées surtout dans les parties relativement récentes de la formation et notamment en France, plus que partout ailleurs, sans être pourtant absentes nulle part. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner si les Calamites minces n'ont pu fournir ni à M. Williamson, ni à M. Renault, ni à d'autres observateurs, des échantillons susceptibles d'être débités en plaques adaptées à l'examen microscopique. La raison de cette extrême rareté doit être rapportée, selon nous, à la ténuité même et à la ténuité rigide d'une plante dont les tiges fistuleuses ont fort bien pu laisser leur empreinte, donner lieu à des moules internes par remplissage de la cavité centrale, être comprimées, froissées ou, dans d'autre cas, comme à la mine du treuil, à Saint-Étienne, persister dans une situation verticale au milieu des lits superposés, à travers lesquels se prolonge le moule de leur cavité interne et celui de leurs parois ; mais ces mêmes plantes, à raison même de leur consistance, n'ont pas dû se prêter à être imbibées par les eaux contenant de la silice ou d'autres substances en dissolution, ni se prêter au mode de fossilisation auquel est due la préservation de la structure anatomique. M. Grand'Eury avait attiré notre attention sur cette consistance papyracée et folliculaire, mais non exempte de rigidité des vraies Calamites, et cette même consistance est bien celle qui distingue actuellement les *Equisetum* et qui les a caractérisés de tout temps. — Voici une nouvelle preuve de cette complète analogie de structure entre les vraies Calamites et les Prèles et de la consistance à la fois mince et résistante des parois de leur tige.

(1) Nous devons à M. Grand'Eury une note très récente (*Comptes rendus de l'Ac. des sc.* CVIII, séance du 27 mai 1889), dans laquelle il adhère à l'opinion que toutes les Calamariées seraient également des Cryptogames. M. Grand'Eury insiste, dans cette note, sur l'absence de différences essentielles entre les Calamites minces et celles à forte enveloppe charbonneuse ; il croit que la différence tient surtout au degré de développement des tiges rapportées à ces deux catégories. L'absence de graines gymnospermiques dans le voisinage de leurs tiges accumulées, dont certains lits sont presque entièrement composés, est un argument des plus sérieux, si l'on rapproche cette exclusion de la présence répétée, dans ces mêmes lits, d'épis fructificateurs d'organisation cryptogamique, observés au contact des Calamites, ou encore, soit au contact des rameaux à feuilles verticillées (*Asterophyllites*) qu'il est naturel de considérer comme leur ayant appartenu, soit en connexion directe avec ces rameaux. Les appareils fructifiés seraient tantôt des *Volkmannia*, tantôt divers *Calamostachys*, ou encore le *Macrostachya infundibuliformis* Bronn. M. Grand'Eury insiste encore et très justement, comme nous le disons plus loin, sur le mode de végétation souterraine des Calamites, si conforme de tous points à celui des Équisétées.

Il nous a été donné effectivement de figurer tout récemment des tiges d'*Equisetum* tertiaires d'une dimension remarquable, reconstituées à l'aide du remplissage de la cavité provenant de la destruction de l'ancien organe, de manière à présenter le moule exact et en plein relief du pourtour superficiel de la plante, reconnaissable à ses gaines encore en place (voir le *Bulletin de la Soc. géol.* (1).

Il ne s'agit donc pas ici d'un moule de la cavité centrale; mais toute la plante se retrouve avec les moindres accidents et l'aspect extérieur qu'elle présentait avant sa fossilisation. Ces accidents se traduisent par des plis, des froissements, des indices de compression qui prouvent que les tiges de cet (*Equisetum*, *E. lombardianum* Sap.) étaient vides, lorsqu'elles furent entraînées dans le sédiment qui les recouvrit, et que, couchées et repliées en désordre, elles subirent des effets en rapport direct avec la consistance mince et cependant rigide de leurs parois. Celles-ci circonscrivaient, en effet, une large cavité intérieure, destinées par cela même à se froisser et à s'affaisser sous un choc tant soit peu rude.

Il est maintenant possible d'observer (pl. 25, fig. 1) la même nature de fossilisation, la même reproduction en relief plein du pourtour superficiel de l'ancienne tige, enfin les mêmes plissements et fissures caractéristiques dans une Calamite du bassin houiller de Firmy (Aveyron), dont nous devons la connaissance à M. l'abbé Combes, de Limoux (Aude), et que nous figurons comme susceptible de faire saisir l'aspect extérieur d'une vraie Calamite, sa consistance et les rapports frappants qu'elle présentait à ces égards avec les *Equisetum* actuels, qui, selon des indices confirmés récemment par l'*Equisetites Bretoni* Zeill., du bassin de Valenciennes, ont dû coexister avec les Calamites, bien qu'à l'état subordonné, dès le carbonifère moyen.

L'échantillon que nous figurons se rapporte évidemment au *Calamites Suckowii* Brngt. dont il possède tous les caractères, depuis la faible saillie des côtes, les stries fines et serrées, visibles à la loupe, qui les parcourent longitudinalement, dus, selon Zeiller, à la disposition en files des cellules de l'épiderme, jusqu'aux mamelons arrondis situés à leur sommet, et à l'absence de cicatrices raméales. Il consiste en un tronçon de tige d'une épaisseur en diamètre de 1 décimètre au moins, obliquement posé sur le plan de la couche (2), comprimé et déformé par la pression, surtout à la face inférieure qui est écrasée sous l'autre (3). Celle-ci a conservé, comme le montre la figure (pl. 25), une partie de sa convexité; mais, sur les côtés et par devant, elle montre des plis anguleux, des froissements et des déchirures très exactement reproduits par notre dessin et qui témoignent, à la fois, de la ténuité des parois et de leur résistance relative due à leur rigidité, enfin de leur conformité visible avec les *Equisetum*. Sur les points où le moule en relief s'est trouvé encore en contact avec la gangue, il a été facile de s'assurer qu'il n'existait aucun vide intersticiel, correspondant à l'épaisseur

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e série, t. XIV, p. 407, pl. XXI.

(2) La roche est un grès vaseux psammitique à pâte fine et dure, colorée en rouge pâle.

(3) Des feuilles de *Cordaites*, à l'état de lambeaux, se trouvent appliquées contre cette face, associées à deux *Cardiospermum ?* en mauvais état. La nervation des *Cordaites* est, au contraire, d'une netteté remarquable.

de la tige, en sorte que le moule, comme tous ses caractères l'indiquent, reproduit non pas la cavité centrale, mais bien la superficie extérieure de l'ancienne tige.

Les mamelons situés au sommet des côtes sont à considérer, de même que les protubérances moins accentuées et souvent nulles, situées au bas des côtes au-dessus de la ligne des diaphragmes. Les premiers sont ici parfaitement distincts et d'une conservation parfaite qui nous a porté à les reproduire sous deux grossissements (fig. 1ª et 1ᵇ) avec l'aspect qu'ils présentent.

Il nous semble effectivement retrouver en eux tous les caractères distinctifs d'une cicatrice d'insertion, marquant le point d'attache de quelque organe préalablement tombé. M. Zeiller rapporte l'opinion qui verrait dans chacun de ces mamelons un bourgeon latent, correspondant à des feuilles ou à des radicules dont le développement se serait arrêté. Mais ici, et justement sur un moule de la superficie dont la fidélité est parfaite et en considérant les plus intacts de ces mamelons, on les aperçoit avec l'apparence d'une aire scutellée, formée d'un bourrelet circulaire qui entoure une dépression pourvue, au centre, dans plusieurs cas, d'une saillie ou bouton indiquant ainsi le point d'insertion d'un organe appendiculaire, désarticulé et caduc. On serait fondé par cela même à admettre l'existence de feuilles dont les Calamites de la section des *Stylocalamites* de Zeiller auraient été pourvues; mais ces feuilles promptement caduques, peut-être même dès le moment où les tiges achevaient d'évoluer, n'auraient laissé d'elles que leur cicatrice d'insertion, circonstance qui expliquerait la nudité constante de ces sortes de Calamites et l'absence ou l'extrême rareté des échantillons de tiges ou de rameaux feuillés. Quant aux protubérance situées au bas des côtes, on voit qu'elles se réduisent ici à un léger renflement à peine sensible, et il est probable que leur saillie, lorsqu'elle est plus prononcée, dénote une conformation de cette partie, gonflée et plus ou moins verruqueuse, plutôt que les vestiges de quelque appendice foliaire ou radiculaire. Les rameaux paraissent avoir été très rares, sinon inconnus dans ces sortes de Calamites; mais les bases de leurs tiges sont atténuées en cône renversé et montrent parfois alors des radicules simples ou bifurquées encore attachées sur la ligne des diaphragmes. Nous avons figuré l'empreinte d'un exemplaire de ce genre, recueilli à Saint-Étienne sur les indications de M. Grand'Eury (1), et M. Zeiller en a figuré un autre analogue, rapporté par lui au même *Calamites Suckowii* (2). D'autres exemplaires montrent la terminaison inférieure (3) et paraissent adhérer à des tiges rampantes et souterraines, en offrant une uniformité d'aspect et de structure, qui ne saurait échapper, avec les parties correspondantes des *Equisetum*.

Toutes ces plantes, Calamites minces, Calamitines, Calamites ligneuses ou Calamodendrées seraient d'ailleurs également cryptogamiques, selon les opinions concordantes du comte de Solms, de M. Zeiller et de M. Grand'Eury, bien que cette solution inspire encore des doutes à M. Renault. Mais ce qui

(1) Voyez l'*Évolution des Cryptogames*, par G. de Saporta et A.-F. Marion, p. 138, fig. 56.

(2) *Flore du bassin de Valenciennes*, pl. 54, fig. 13.

(3) *Ibid.*, pl. 54 et 55.

augmente les difficultés, en maintenant une dernière incertitude, tient surtout à ce qu'il n'a pas été encore possible de rapporter les épis fructifiés, appareils ou fragments d'appareils portant des sporanges protégés par des verticilles de feuilles destinés à les recouvrir : *Calamostachys*, *Macrostachya*, *Palæostachya*, etc., à l'une des catégories de tiges dont il vient d'être parlé, sans oublier que, à côté des Calamariées, se trouvent englobées dans la même catégorie les Astérophyllitées, Calamophyllitées et même les Annulariées, groupes s'éloignant encore plus que les Calamites propres des types végétaux compris dans l'ordre actuel. Cependant, d'après M. Zeiller (1), M. Weiss aurait rencontré des épis fructificateurs encore attachés à la tige du *Calamites arborescens* Stbg., et cette espèce rangée, il est vrai, parmi les Calamitines, chez lesquelles les rameaux distribués en verticilles alternent avec des articulations dépourvues de cicatrices raméales, se rapproche pourtant d'une manière sensible des espèces de la section des Stylocalamites, dont le *Calamites Suckowii* fait partie ; mais les organes fructifiés propres à celui-ci et même la preuve que les Stylocalamites aient autrefois formé un genre naturel font encore défaut.

Les Lépidodendrées et les Sigillariées, groupes qui tenaient alors une si large place, les premières reconnues depuis l'origine comme devant être rangées parmi les Lycopodinées hétérosporées, les secondes longtemps tenues pour Phanérogames, à raison de la présence du bois secondaire à l'intérieur de leurs tiges, se trouvent maintenant placées par M. Zeiller, en concordance avec M. Grand'Eury lui-même, avec Williamson, le comte de Solms et d'autres savants de l'école allemande, tout à fait près les unes des autres. Considérées comme également Cryptogames, elles n'ont d'analogie qu'avec les Isoétées, seules plantes qui leur soient comparables au sein de l'ordre actuel. Dans une note très récente, communiquée à l'Académie des sciences (2), M. Grand'Eury annonce qu'il a pu suivre dans le Gard, dont le bassin houiller lui a présenté les éléments d'une flore qu'il publiera bientôt, le mode de végétation souterraine des Sigillaires, examiner leur organisation générale et observer jusqu'à leur fructification. Les tiges de ces plantes naissent d'appareils ayant la forme de renflements bulboïdes en rapport inférieurement avec des rhizomes stigmarioïdes, ayant eux-mêmes la faculté d'émettre des racines à apparence de *Stigmaria* et s'élevant de façon à donner lieu à des tiges dont les *Syringodendron* représentent la couche interne de l'écorce, dont l'épiderme et les cicatrices foliaires se seraient détachés. C'est en rapport avec ces tiges que M. Grand'Eury aurait observé des épis fructifiés avec des macrospores tétraédriques incluses. Les macrospores isolées se trouvent constamment associées en très grand nombre aux débris de Sigillaires dans les lits exclusivement formés de ces plantes accumulées. M. Renault a cependant soutenu jusque dans ces derniers temps l'opinion contraire, celle de la gymnospermie possible d'une partie au moins des types de végétaux compris sous le nom commun de Sigillaires.

La nature cryptogamique des Sigillaires ou de la plupart d'entre elles se

(1) *Flore du bassin de Valenciennes*, p. 331.

(2) *Développement souterrain, semences et affinités des Sigillaires*, par M. Grand Eury ; *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, t. CVIII, séance du 29 avril 1889.

trouve incontestablement établie depuis la découverte du *Sigillariostrobus Tieghemi* de Zeiller (1) qui a fixé décidément la place de ces végétaux dans la classe des Lycopodinées et non loin des Lépidodendrées. M. Renault a invoqué, pour ne pas abandonner complètement son point de vue, l'observation faite par lui d'un épi, dans lequel il a rencontré, sous les bractées, des corps qu'il considère comme autant de sacs polliniques, et qui aurait appartenu à une Sigillaire du groupe des *Clathraria* (2). M. Zeiller (3) a fait ressortir, il est vrai, les côtés faibles de cette interprétation, non dénuée pourtant de toute vraisemblance, si l'on tient compte de la puissance, de la richesse et de la variété des anciens types, comparés à leur chétifs successeurs de la nature vivante. Jusqu'à complète confirmation, comment être assuré que nos règles de classification leur soient rigoureusement applicables et que certains d'entre eux n'aient pas servi à combler l'intervalle, en apparence infranchissable, qui sépare actuellement l'une de l'autre les deux grandes catégories végétales. Il ne faudrait pas oublier, en effet, qu'à cette époque reculée, côte à côte des types cryptogamiques, d'une force et d'une perfection sans égale, il existait certainement des Gymnospermes dont la structure phanérogamique, bien que non douteuse, laisse entrevoir des particularités tendant à rapprocher les végétaux qui les présentent de ceux de la classe des Sporangiates. La dimension inusitée des grains de pollen (4), leur segmentation fréquente en un corps intérieur pluricellulaire, correspondant au rôle d'un prothalle inclus, l'existence avérée de certains types d'un classement ambigu, tel que celui des *Dolerophyllum;* enfin la transition presque insensible qui s'opère, lorsque l'on passe des Lépidodendrons pourvus d'un commencement de bois secondaire, déposé en anneau autour du cylindre central de bois primaire, aux Sigillaires à bois secondaire promptement et normalement développé, et de celles-ci à des tiges comme celles des Poroxylées de M. Renault (5), aussi rapprochées par la structure de leur région ligneuse des premières que des Cycadées, Phanérogames indubitables, achèvent de persuader qu'on se trouve en présence d'une suite d'enchaînements multipliés et enchevêtrés, qui échappent par cela même à nos appréciations, forcément basées sur des découvertes et des observations incomplètes, mais peut-être destinées à se rejoindre un jour, en donnant lieu à une synthèse définitive.

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, t. XCVIII, p. 1601 et *Ann. des sc. nat.*, 6e série, *Bot.*, t. XIX, p. 262.

(2) *Comptes rendus*, t. CI, p. 1176, 1178.

(3) *Flor. foss. du bassin de Valenciennes*, p. 516-517.

(4) Voir pour ce qui concerne la grandeur relative des grains de pollen l'*Évolution des Phanérogames*, par G. de Saporta et A.-F. Marion, I, p. 63-65, fig. 28 dans le texte.

(5) Tous les détails relatifs à la structure anatomique des *Poroxylon* se trouvent développés dans le Mémoire : *Les Poroxylon*, par MM. C.-Eg. Bertrand et B. Renault, accompagné de nombreuses figures et inséré au tome II du *Bulletin de la Société d'hist. nat. d'Autun*. D'après les conclusions des auteurs, les *Poroxylon* constituent un type fossile de Phanérogames gymnospermes, plus rapproché des Cryptogames que les Cycadées, mais supérieur aux Sigillaires, et sans rapport avec les Filicinées. Les feuilles des *Poroxylon*, autant qu'il est possible de le savoir, s'élargissaient à partir du pétiole en un limbe profondément découpé dans le haut et parcouru par des nervures ramifiées-dichotomes comparables à celles des folioles de *Bowenia*.

Le type prédominant, parmi les Gymnospermes déterminées de l'époque carbonifère, est celui des Cordaïtées, dont les diverses parties : tiges et feuilles isolées, rameaux feuillés ou dépouillés, appareils reproducteurs de l'un et l'autre sexe, graines éparses, anatomie intérieure enfin, ont pu être étudiées et définies avec certitude à partir du moment où M. Grand'Eury mit le groupe en lumière, par la sagacité avec laquelle il en interpréta les débris isolément recueillis jusqu'à lui. Si étranges que paraissent les Cordaïtées, comparées aux Gymnospermes de nos jours, bien que leur port élancé, leur tige pourvue de nombreux rameaux, le mode d'insertion de leurs feuilles, toujours simples et promptement caduques, empêchent de les comparer aux Cycadées, elles laissent entrevoir avec les Salisburiées une affinité lointaine, que la structure des appareils reproducteurs est loin de contredire et que l'existence de certaines formes intermédiaires aux deux groupes : *Cordaites patulus* Gr., *Ginkgophyllum flabellatum* (Lindl. et Hutt.) Sap., tendraient plutôt à confirmer. Ce qui est certain, c'est qu'à mesure que l'on s'avance vers la terminaison de l'ère paléophytique, et que l'on touche à cette période de déclin continu, quoique très lente à se dérouler, connue sous le nom de permien, on constate l'introduction graduelle, d'abord restreinte et exceptionnelle, finalement plus fréquente, des types destinés à se multiplier plus tard et à survivre, dans l'ère suivante, à ceux qui auront été définitivement éliminés. Cette juxtaposition de l'élément ancien, prêt à disparaître, et de l'élément nouveau destiné à s'étendre et à se substituer au premier est déjà sensible dans le carbonifère supérieur et le permien inférieur. Elle se manifeste, entre autres, par le *Pterophyllum Grand'Euryanum* Sap. et Mar., par le *Walchia Grand'Euryi* Sap., par l'*Albertia aloidea* (Gr.) Sap., par les *Dicranophyllum*, le *Wittleseya elegans* Newb., qui appartiennent au premier de ces deux niveaux, par le *Sphenozamites Rochei* Ren., le *Ginkgophyllum Grasseti* Sap., le *Trichopitys heteromorpha* Sap., enfin par le *Salisburia primigenia* Sap., qui se montrent sur le second et qui tous représentent des formes prototypiques, encore rares et subordonnées, bien avant l'âge où elles atteindront leur *summum* de développement, et destinées pour la plupart, à persister, en dépit de changements partiels, pendant la durée entière de l'ère mésozoïque.

Une découverte des plus récentes, due à notre ami le professeur Marion, est relative à un genre de Conifère du permien de Lodève, réunissant les caractères morphologiques des *Walchia* et des *Trichopitys*, c'est-à-dire ayant, avec les feuilles normales araucariennes des premiers, des écailles strobilaires à subdivision dichotomes qui reportent l'esprit vers les seconds. L'observation d'une semblable structure peut avoir une grande portée, puisque, au moyen et par l'effet d'une sorte de récurrence, elle expliquerait la descendance possible des Conifères propres à feuilles indivises, aciculaires ou réduites à l'état de crochet, d'un groupe antérieur à feuilles laciniées, assimilables aux *Dicranophyllum* et *Trichopitys*, dont la liaison avec les Salisburiées est admise sans contradiction.

Ces tendances s'accentuent de plus en plus, à mesure que l'on avance dans le permien, et l'élimination des types et des formes antérieurs, de ceux qui avaient persisté à partir du dévonien, du carbonifère inférieur et du culm

s'effectue à tout jamais. On ne rencontre plus effectivement, dans le trias, ni Calamites, ni Lépidodendrées, ni Cordaïtées, ni aucune Sigillaire; tout semble concourir à un renouvellement dont début est surtout caractérisé par un appauvrissement général du monde de la végétation. — C'est alors que les Équisétées, les Salisburiées, les Conifères propres, les Cyathées parmi les Fougères, les Cycadées commencent à s'étendre et à se multiplier. Le nouvel ordre de choses semble fixé dans ses traits principaux, qui pour longtemps resteront les mêmes, à la hauteur du dernier étage triasique, le keuper; et, lors de l'infralias, la flore jurassique se trouve combinée dans des proportions qui changeront très peu jusqu'à l'arrivée ou plutôt jusqu'au moment de l'extension des Angiospermes, qui n'aura pas lieu avant le milieu de l'infracrétacé, à la hauteur de l'aptien, au plus tard du cénomanien, probablement dans l'intervalle qui sépare le wealdien du premier de ces deux étages, au moins dans l'état de nos connaissances actuelles, que de récentes découvertes par Lester Ward pourraient bien modifier quelque peu, s'il était avéré que la flore du Potomac, déjà riche en Dicotylées, dût être rangée sur l'horizon du néocomien. Mais il est temps de jeter les yeux sur la seconde de nos trois ères ou périodes principales de végétation, l'ère mésophytique, et de voir où nous en sommes, en fait de découvertes et d'observations récentes, vis-à-vis de la flore relativement pauvre, mais assurément fort curieuse, qui la caractérise.

II. — Ère mésophytique.

La végétation aux trois quarts cryptogamique de l'ère précédente a fait place à un ensemble nouveau dans lequel les Cryptogames et les Gymnospermes se balancent de telle façon que celles-ci l'emportent cependant, et par le nombre absolu, mais surtout par la taille et la fréquence des individus, sur la première des deux catégories. A celle-ci appartiennent de préférence les petites plantes, tandis que les Gymnospermes, spécialement les Conifères, composent les masses sociales et arborescentes, d'où les types cryptogamiques seront désormais exclus. Ainsi, plus de Calamariées gigantesques, rien que des Équisétées semblables, il est vrai, aux plus grandes des pays chauds actuels ou les dépassant même (*Equisetum arenaceum*, *E. columnare*), et comprenant même deux autres genres, en dehors des *Equisetum* propres : *Schizoneura* et *Phyllotheca*. — Plus de Lycopodinées arborescentes, telles que les Lépidodendrées, à plus forte raison plus de Sigillaires, et, parmi les Gymnospermes, plus de Cordaïtées; mais passons une revue rapide des types qui les remplaçent.

Les Filicinées, que nous avons vues composées en grande partie de types marattioïdes, la plupart de grande taille, c'est-à-dire arborescents, ont fait généralement place à des types plus humbles, qu'en l'absence de parties fructifiées, laissant apercevoir les sporanges, on a eu beaucoup de peine à définir en ce qui touche quelques-uns, en laissant le plus grand nombre dans la classe des incertains. Grâce à la faible proportion de Fougères dont il a été possible d'observer les sores et de déterminer les sporanges, on a constaté que dès l'infralias un pas en avant s'était accompli, puisque, non seulement les Filicinés infraliasiques se rapprochent davantage des nôtres par

leur aspect, mais qu'aux Marattiées qui persistent (*Marattia Münsteri* Fr. Br., *Danæopsis marantacea* Hr.), à des Gleichéniées, à des Osmondacées, génériquement assimilables à celles du monde actuel (*Todea australis* Ren., *Gleichenites elegans* Zign.) viennent se joindre, sinon des Polypodiées propres, dont la présence n'a encore été signalée que dans l'oolithe, du moins des Cyathées, c'est-à-dire les premières Fougères Leptosporangiates ou à anneau complet, vertical et périphérique, que l'on ait encore rencontrées, non sans une tendance remarquable, chez plusieurs de ces formes, à se rapprocher des Gleichéniées par le nombre restreint et limité des sporanges de chaque sore considéré séparément. L'examen spécial des affinités du genre *Laccopteris* dû à M. M. Zeiller et qui remonte à 1885 (1), a fait ressortir très justement l'étroite parenté du type infraliasique avec le genre *Matonia* actuel, type de Cyathée sudasiatique, isolé, réduit à une espèce unique, *M. pectinata*, qui offre à peine avec le *Laccopteris* quelques différences résultant de l'absence d'un indusium et de la disposition des sores par rapport à cet indusium. Plus haut, sur l'horizon de l'oolithe moyenne on rencontre le genre *Thyrsopteris* encore existant et confiné de nos jours à Juan-Fernandez, et peut-être encore, mais d'une façon plus douteuse des traces de Polypodiées vraies : *Dicksonia, Adiantum, Cheilanthes, Onychium*, d'après des empreintes observées soit en Sibérie par Heer, soit par nous dans le corallien d'Auxey; mais d'après des déterminations non exemptes de doutes et qu'on ne saurait mettre en avant que sous des réserves formelles. L'extrême rareté, sinon l'absence des Polypodiées, qui comprennent actuellement l'immense majorité des Filicinées, demeure donc comme un fait intéressant à noter et que le comte de Solms, dans son livre déjà cité (2), ne manque pas de mettre en pleine lumière.

En revanche, les *Equisetum* de ce même âge, dont il nous a été donné d'examiner récemment de très beaux exemples, dans la flore jurassique portugaise, grâce aux communications de MM. Delgado et Choffat (*Equisetum lusitanicum* Hr.) sont remarquables par leur extrême conformité avec ceux de nos jours, de même qu'avec les *Equisetum* tertiaires, dont rien ne les distingue, sauf des dimensions généralement plus fortes ; bien que sous ce dernier rapport, l'*Equisetum Münsteri*, si répandu dans tout l'infralias, affecte des proportions plus que modestes, ainsi que le montrent nos figures de la flore jurassique, dans la Paléontologie française (3).

Mais le caractère parfaitement saisissable que l'étude récente de la flore coralienne d'Auxey, particulièrement des Filicinées de ce gisement nous a permis de mettre dans tout son jour, c'est l'extrême ténuité des formes, leur gracilité qui dénote la présence, à ce moment surtout, et probablement par un effet des conditions climatériques alors régnantes, de Fougères herbacées d'une taille peu élevée, aux frondes généralement subdivisées en segments de troisième ou de quatrième ordre, d'une très faible étendue, en même temps que d'une consistance sèche, dure et coriace. Comme la même re-

(1) *Sur les affinités du genre* Laccopteris, par M. R. Zeiller; *Bull. de la Soc. bot. de France*, 2e série, t. VII, p. 21-25.

(2) *Einleit.*, p. 143 et suiv.

(3) *Plantes jurassiques*, I, pl. XXVII, XXVIII, fig. 1; et XXIX, fig. 1-8.

marque s'étend aux Cycadées et que sauf les Conifères, *Brachyphyllum*, *Pachyphyllum* et *Palæocyparis*, tout le reste affecte une taille des plus médiocres, il semble qu'alors il n'y eût partout qu'une végétation fort chétive, et ce faciès, plus prononcé peut-être dans la seconde moitié de la période oolithique, vers le corallien et le kimméridien, que dans aucun autre temps, reste cependant comme une caractéristique de la flore jurassique prise dans son ensemble. Il est juste de le faire ressortir, sauf à tirer du fait, s'il y a lieu, des conséquences vis-à-vis de l'ordre probable des saisons, de la chaleur sèche et partout égale qui devait s'étendre à tout notre hémisphère, jusques et y comprises les contrées circumpolaires où rien encore ne faisait contraste avec l'ordre de choses existant en Europe, au centre et même au sud de ce continent.

La récurrence des types et des formes, due sans doute à la permanence des conditions de milieu, favorisant la longue durée des mêmes types de végétaux, ne changeant pas ou changeant peu à travers un espace de temps considérable, est encore un phénomène dont l'ère mésophytique fournit de curieux exemples. — Si l'on considère l'infralias, on rencontre toute une association de formes caractéristiques de cet horizon et, parmi elles, nous citerons, comme attirant plus particulièrement l'attention, le *Ctenopteris cycadea* Brngt. et le *Thinnfeldia rhomboidalis* Ett., représentés dans le corallien et le kimméridien par des espèces presque semblables, observées dernièrement ; le *Lomatopteris liasina* Mor. auquel répondent dans l'oolithe inférieure le *Lomatopteris moretiana* Sap., et plus haut, sur l'horizon du kimméridien, le *Lomatopteris cirinica* Sap. qui depuis a été recueilli également par M. Zittel dans les plaques du gisement de Solenhofen, sur le même niveau géognostique.

Les Cycadées et les Conifères offrent des exemples répétés d'un semblable phénomène. Il en est ainsi, entre autres, des *Zamites*, *Otozamites* et *Podozamites*, qui reparaissent inévitablement à chacun des niveaux successifs de la série géognostique, à partir des plus inférieurs, avec de faibles variations morphologiques. La même chose a lieu en ce qui touche les *Baiera* et *Salisburia*, les *Pachyphyllum* et *Brachyphyllum*, et ces derniers genres paraissent avoir prolongé leur existence jusque dans la craie inférieure, de telle sorte qu'en Portugal un *Brachyphyllum* se trouve encore associé aux premières Dicotylées de cette région.

Les Cycadées jurassiques ont donné lieu, par elles-mêmes, à quelques remarques récentes qui sont loin d'être dénuées d'intérêt. Les tiges, les tronçons de tiges, les feuilles et les appareils reproducteurs de ces sortes de plantes n'ont pu être rejoints avec certitude ; de là des difficultés d'attribution et de détermination à peu près insurmontables jusqu'ici, et que le comte de Solms a fait très justement ressortir.

Un rapprochement des plus naturels est cependant celui qui engage à reconnaître, dans les *Cycadites*, les feuilles d'un genre plus ou moins voisin de nos *Cycas* actuels, dont les spadices frangés sur les bords, nommés *Cycadospadix*, qui présentent des cicatrices de l'insertion des graines, parfois visibles à leur base, représenteraient les carpophylles détachés. Une circonstance appuie cette manière de voir; c'est qu'effectivement, par deux fois au

moins, les niveaux ou même les gisements dans lesquels les feuilles de *Cycadites* se rencontrent ont également fourni des empreintes de l'organe fructificateur, susceptible d'être rejoint aux premières. Dans l'infralias de Hettange, par exemple, au *Cycadites rectangularis* Brauns correspond le *Cycadospadix Hennoquei* Schimp. A la hauteur du corallien, dans la Meuse aussi bien qu'à Auxey (Côte-d'Or), c'est un autre *Cycadospadix*, *C. Moræanus* Schimp. non accompagné de feuilles, il est vrai, mais qui pourrait être combiné avec le *Cycadites Delessei* Sap., de la grande oolithe de Mamers. Enfin, sur le niveau du kimméridien, se présente une dernière espèce encore inédite, le *Cycadospadix Zeilleri* Sap., allié de près, il est vrai, sinon identique au *Cycadospadix Pasinianus* Zigno, de l'oolithe inférieure du Véronais, mais qui doit sans doute être combinée avec le *Cycadites Lorteti* Sap., d'Orbagnoux, dont il représenterait l'appareil fructificateur. Le gisement d'Orbagnoux renferme à la fois les deux sortes d'organes. Il faut encore observer que ces *Cycadospadix*, bien que ressemblant beaucoup aux parties correspondantes de nos *Cycas* actuels, en diffèrent pourtant à certains égards, de telle sorte qu'au moyen d'une comparaison on reconnaît des divergences de structure, qui conduisent à admettre l'ancienne existence de sous-genres européens, alliés de près aux *Cycas* actuels, distincts pourtant à quelques égards de ceux-ci. On sait que les *Cycas* proprement dits ont laissé des vestiges déterminables dans la craie polaire. En Europe, le wealdien du nord de l'Allemagne, d'une part, et l'infracrétacé du Portugal, de l'autre, renferment les frondes de véritables *Cycas*, trop analogues du moins aux formes actuelles pour ne pas croire qu'ils en aient été congénères. Au contraire, le *Cycadospadix Hennoquei*, diffère des organes des *Cycas* modernes par la présence d'une seule paire de graines situées à la base de l'expansion frangée qui termine le spadice, et celui-ci aurait été plus court et plus faible. Ce n'est là pourtant qu'une divergence assez peu prononcée ; mais le *Cycadospadix Zeilleri* qui sera bientôt figuré dans le supplément aux plantes jurassiques de France, en voie de publication, indiquerait une section à part, caractérisée par cette particularité visible sur une empreinte du gisement de Cirin, que l'expansion frangée, au lieu d'être décurrente sur le pédoncule ou support, affecterait la forme d'un disque légèrement pelté, en sorte que le spadice tenait à l'expansion terminale et lui aurait été attaché vers la base de la partie dorsale de celle-ci. Du moins, cette disposition est visible sur l'échantillon de la Faculté de Lyon, que M. le professeur Depéret a bien voulu nous communiquer. Elle est moins reconnaissable, il est vrai, sur un autre échantillon provenant d'Orbagnoux, et que M. Zeiller, à qui est due la première connaissance de l'espèce, nous a permis d'examiner.

C'est après, ou du moins à une assez petite distance des Cycadées, que viennent se placer les Bennettitées, groupe de plantes des plus curieux, dont les tiges converties en silice et recueillies d'abord dans le néocomien de l'île de Wight, avaient été l'objet d'un premier examen de la part de M. Carruthers. Cet examen a été repris récemment par le comte de Solms de qui nous tenons des détails du plus vif intérêt sur cette catégorie de végétaux, entièrement disparus et dont ce savant tâche maintenant, après avoir décrit la structure anatomique des fragments demeurés en place de

leurs organes reproducteurs, de retrouver les parties appendiculaires et les appareils fructificateurs. Effectivement, les troncs des Bennettitées, confondus jusqu'à présent avec ceux des Cycadées propres et hérissés d'une armature de résidus des bases pétiolaires serrées, ont retenu en plus des restes d'inflorescence qui réduit en coupes minces et soumis à l'examen microscopique, ont offert à M. de Solms un corps ou réceptacle charnu dans lequel se trouvent nichées des cavités contenant chacune un ovule dressé, de nature gymnospermiqne, dont il a pu reconnaître l'embryon encore en place. Ces cavités aboutissent supérieurement et par une sorte de canal ou prolongement supérieur de la sommité micropylaire de l'ovule, ainsi enchâssé dans une sorte de loge carpellaire rudimentaire, à une aréole ou compartiment superficiel, et, à l'extérieur, ces aréoles se trouvaient combinées de façon à constituer un réseau couvrant la superficie entière de l'appareil. Celui-ci consistait donc en un syncarpe ou fruit composé, recouvert et protégé au dehors par un involucre de feuilles ou bractées conniventes et recourbées à leur sommet, presque toujours détruit dans les exemplaires d'Angleterre. Ceux-ci et la plupart des échantillons qui existent dans les divers musées de l'Europe se rapportent à des tronçons de tiges soumis à un transport violent et à des chocs répétés qui leur auraient enlevé toutes les parties saillantes, par le frottement, avant même leur minéralisation. Ce qu'il y a de particulièrement curieux et ce qui porte à souhaiter le prompt complément des recherches entreprises par M. de Solms, c'est qu'il existe évidemment une étroite affinité de structure entre les organes décrits par lui et le réceptacle fructifié ayant les graines en place, nichées également dans des cavités alvéolaires, creusées dans la substance même du réceptacle, que nous avons décrit sous le nom de *Williamsonia Morierii* (1), ainsi du reste qu'avec les autres appareils recueillis dans l'oolithe du Yorkshire ou ailleurs et auxquels la dénomination commune de *Williamsonia* a été imposée par M. Carruthers. Il est vrai que l'auteur anglais avait cru reconnaître dans ces appareils les parties fructifiées d'un *Zamites*, *Z. gigas* L. et H., dont les feuilles avaient été rencontrées dans les mêmes lits. Il est encore vrai que dernièrement, M. Nathorst a recueilli dans l'oolithe de Bornholm des inflorescences morphologiquement semblables à celles des *Williamsonia*, entourées comme celles-ci d'un involure de bractées et en connexion directe avec des tiges ayant pour feuilles l'*Anomozamites minor*. Il serait donc prouvé désormais que les *Anomozamites*, type de Cycadées anormales, auraient eu pour organes reproducteurs, soit des *Williamsonia*, soit du moins des appareils offrant l'apparence extérieure de ces derniers. M. Nathorst serait même disposé à croire que plusieurs des genres jurassiques, englobés jusqu'ici parmi les Cycadées, *Zamites*, *Otozamites*, etc., auraient été en réalité étrangers à ce groupe. Selon lui, ils auraient formé une famille à part n'ayant avec celle des Cycadées que des rapports apparents dus à la physionomie extérieure des feuilles, et dont il s'agirait d'interpréter le véritable caractère. Sans admettre de pareilles conclusions dont quelques-unes ten-

(1) Voy. : *Paléont. franç. Plantes jurassiques.* t. IV, p. 168, et, pour les généralités sur les *Williamsonia*, ibid., p. 87.

draient au renversement de toutes les lois basées sur l'analogie, il ressort du moins de l'ensemble de ces observations que tout est loin d'être définitif dans le mode de classement des végétaux jurassiques, tel qu'il a été admis jusqu'à présent. Il est au moins certain que l'étude des Bennettitées et le rapprochement probable de ces plantes avec les restes d'inflorescences et les appareils reproducteurs, connus sous le nom *Williamsonia*, dénotent l'existence d'une catégorie de végétaux dont le rôle fut considérable, à l'époque secondaire, et qui s'écartent sensiblement des Cycadées; tout en manifestant, par la structure gymnospermique de l'ovule et le plan anatomique des tiges, un certain degré de liaison avec celles-ci. D'autre part, la cavité close qui renferme l'ovule de ces mêmes plantes, implanté dans la substance du support ou réceptacle commun, indique un degré supérieur de perfection relative qui justifie la dénomination de *Proangiospermes*, appliquée provisoirement par nous à cette catégorie de végétaux dont la découverte semble ouvrir à la science un accès vers des voies nouvelles.

A la suite de ces divers groupes et au nombre des plus problématiques, on plaçait jusqu'à présent le type des *Palæoxyris* de Brongniart (*Spirangium* de Schimper) qui remonte jusque dans le carbonifère, où MM. Renault et Zeiller avaient signalé la présence d'un second type allié visible du précédent, celui des *Fayolia* (1). Les *Spirangium* constituent des corps ovoïdes-allongés, formés de plusieurs valves hélicoïdades assimilables de très loin à l'ovaire de certaines Malvoidées (*Helicteres*) ou encore, à un calyce valvaire à valves tordues en spirales, dont M. d'Ettingshausen avait cru rencontrer des exemples dans les Broméliacées, d'où le nom de *Palæobromelia* proposé par cet auteur pour désigner une des espèces du genre. Nous-mêmes constatant le vide intérieur de ces organes singuliers, qui rayonnent plusieurs ensemble d'un point d'attache commun, nous avions pensé reconnaître en eux des flotteurs, comme en possèdent quelques plantes aquatiques et submergées. Mais les auteurs du genre *Fayolia*, attentifs à des indices révélés par M. le professeur Schenk, sont venus, dans une récente communication à l'Académie des sciences, exposer les motifs qui les ont portés à admettre l'origine animale des prétendus *Palæoxyris*. Ceux-ci ne seraient autres que des œufs de Squalidés, Sélaciens, Cestracions ou Chimères; et l'observation que nous avons faite de deux de ces *Spirangium* couchés sur une plaque, au contact d'un appendice osseux reconnu pour être celui d'une raie, est venue accroître les chances de cette solution. Elle paraît donc destinée à prévaloir définitivement et à exclure du règne végétal un type dont les affinités avaient jusqu'ici échappé à l'examen le plus perspicace.

Il n'en est pas ainsi d'un autre type, également très singulier et vraisemblablement sans analogie directe avec aucun de ceux de l'ordre actuel, celui des *Goniolina*, que nous avons, contrairement à ce qui s'est passé pour les *Spirangium*, retiré du règne animal où il avait été maintenu depuis d'Orbigny, comme se rapprochant des Crinoïdes, ou du moins comme susceptible de leur être assimilé. Nous voyons dans les *Goniolina* un spadice ou fruit

(1) Voy. : *Fl. foss. de Commentry*, par MM. B. Renault et R. Zeiller, *Première partie*, par M. R. Zeiller, p. 15 à 30, pl. XLI, fig. 5-9; et XLII, fig. 1-5.

composé résultant de l'implantation sur un axe commun ou *cephalium* d'un très grand nombre de carpides qui par leur réunion et leur compression mutuelle donnent lieu, à la superficie de l'appareil, à une multitude de compartiments hexagonaux, dans un ordre de distribution spirale. Chacun de ces compartiments montre des stries rayonnantes qui partent d'un bouton central stigmatoïde, rappelant à l'esprit ce qui existe chez les Spadiciflores (Pandanées, — Freycinétiées, — Aroïdées), sans qu'il soit nécessaire pour cela d'admettre quelque parenté directe entre ces groupes et celui des *Goniolina*. Ce dernier a pu tout aussi bien n'être pas sans liaison avec les *Williamsonia*, la véritable affinité des uns et des autres, vis-à-vis des végétaux à nous connus, restant encore à déterminer (1). Les descriptions accompagnées de nombreuses figures, que nous venons de publier, permettront de juger en toute sûreté de cause du degré de probabilité de l'opinion que nous avons adoptée. Ce qui est certain, mais ce qui n'a rien de surprenant si l'on songe à la dureté extrême de certains fruits de Pandanées, de cocotiers et de *Calamus*, c'est que les *Goniolina*, tombés dans l'eau des anciennes mers, ont servi de point d'attache à des huîtres dont la coquille, en se développant et adhérant à leur surface s'est moulée sur les compartiments aréolés de l'organe fossile et en a reproduit en creux le réseau bien reconnaissable. Ce fait ne doit pas étonner lorsque l'on songe aux colonies de mollusques et d'huîtres en particulier qui fréquentent de nos jours, près des embouchures, le bord des plages peuplées de baquois et de palétuviers.

Quelle fut la fin de l'ère mésophytique, de cette période d'indigence et de monotomie relatives, pendant laquelle la végétation offre les mêmes caractères, sans variations très appréciables, qu'on la considère au cœur de l'Europe, au Spitzberg ou dans l'extrême Orient de la Sibérie, vers la région de l'Amur? L'égalité climatérique s'étend encore sur tout le globe : aucune différenciation ne se montre d'après l'ordre des latitudes. Cette différenciation ne se prononcera que plus tard, et justement elle commencera à s'accentuer dans l'infracrétacé où, selon une remarque de M. de Lapparent, les formations à polypiers, après s'être avancées antérieurement jusqu'au 54e degré de latitude N., reculèrent jusque dans le sud de l'Europe. C'est alors justement que l'on voit apparaître les plus anciennes Dicotylées, associées d'abord aux types amoindris et désormais en déclin de l'âge précédent. Une extension notable de l'étendue continentale, suivie, il est vrai, d'un retour offensif des mers à l'intérieur de certaines régions, ont sans doute constitué des circonstances favorables à la diffusion des Angiospermes du nord au sud, de l'est à l'ouest, à travers l'espace ouvert devant elles, en Amérique comme en Europe, ce qui implique l'universalité du phénomène. Ce ne fut pas alors, ainsi qu'à la fin de l'ère paléophytique, une élimination sur une vaste échelle de la plupart des végétaux jusque-là existants, ni un renouvellement total de la flore, mais plutôt un changement par adjonction, un accroissement de richesse, l'introduction d'un élément jusque-là inconnu, destiné à se faire rapidement une large place et à se substituer à ce qui

(1) Voy. : *Paléont. franç. Plantes jurassiques*, IV, p. 207 et suiv., pl. CCLVI, CCLVII, CCLVIII, CCLIX et CCLX.

existait auparavant, en s'associant à une partie des types antérieurs et éliminant graduellement les autres. Nous reviendrons à cette révolution végétale sur laquelle les gisements portugais ont jeté récemment une vive lumière, en abordant la dernière de nos ères végétales, l'ère néophytique, qui comprend, avec la plus grande moitié de la craie, le tertiaire tout entier.

Marquis de Saporta.

Explication de la planche 25.

Fig. 1. *Calamites Suckowii* Brngt. Tronçon de tige montrant le pourtour superficiel, avec des replis et des fissures provenant de la compression subie par l'ancienne plante lors de sa fossilisation ; réduit d'1/6 ; — d'après un échantillon provenant du carbonifère supérieur de Firmy, reçu en communication de M. l'abbé Combes.

Fig. 1[a]. Portion grossie du même échantillon, montrant la ligne des diaphragmes avec la trace des mamelons en forme de cicatrices d'insertion situés au sommet des côtés.

Fig. 1[b]. Même partie reproduite sous un plus fort grossissement, montrant la conformation exacte des mamelons, tantôt scutellés et creusés d'une excavation centrale, tantôt marqués d'un bouton ou proéminence médiane.

(A suivre.)

LES

FORMES CRITIQUES D'HELLÉBORES

DE LA SAVOIE ET DU DAUPHINÉ

Par M. A. MASCLEF

Il n'est certainement aucune région de l'Europe occidentale où l'on trouve réunies autant de formes critiques d'Hellébores que celle de nos Alpes de la Savoie et du Dauphiné. Leur étude est restée jusqu'ici très incomplète, et une grande confusion, par suite de l'incertitude ou de la divergence d'opinion des auteurs, règne à leur sujet dans les ouvrages de botanique descriptive. Convaincu du réel intérêt que peut offrir, pour la géographie botanique de la France, la connaissance exacte de ces formes alpines, j'en ai entrepris une révision aussi complète que possible. Toutes appartiennent à la catégorie des Hellébores à feuilles radicales et caulinaires, et à nectaires comprimés. Grâce à la manière remarquable avec laquelle le Dr V. Schiffner, de l'Université de Prague, dans la section *Euhelleborus* de la savante monographie (1) qu'il vient de publier, résume et coordonne les nombreux travaux de ses devanciers sur ce groupe compliqué et obscur, j'ai pu terminer mon travail plus rapidement que je ne l'avais d'abord espéré.

Avant de commencer l'exposé des résultats auxquels je suis arrivé, quelques notions préalables sur la composition de la section *Euhelleborus* me semblent indispensables. Je les ferai suivre, pour bien comprendre la raison de cet article, d'un rapide

(1) Dr Victor Schiffner : *Die Gattung Helleborus, eine monographische Skizze* (Botanische Jahrbücher, avril et juin 1889, p. 92-122).

historique de toute la controverse à laquelle nos formes alpines d'Hellébores ont donné lieu.

I. — *Notions générales sur la section* Euhelleborus *du genre Hellébore.*

M. Schiffner groupe toutes les formes jusqu'ici connues dans cette section autour de quatorze types (1) principaux.

Fig. 114. — Schéma de la dispersion générale des Hellébores de la section *Euhelleborus*, montrant : 1° la position centrale du Dauphiné et de la Savoie (D. S.) par rapport aux différents types du groupe occidental de la section ; 2° les passages entre les types sur leurs limites de dispersion (indiqués par des flèches doubles) : le secteur quadrillé *ov* correspond à une région ne comprenant que des formes de transitions entre l'*H. viridis* et l'*H. occidentalis*. Dans les segments *o* et *v* les formes sont également mal définies ; *m.B* indique la variété *Bocconi* de l'*H. multifidus* ; 3° la position intermédiaire de l'*H. odorus* entre les groupes oriental et occidental ; 4° la liaison entre le groupe occidental et l'oriental par les *H. odorus* et *H. Personnati* (2).

(1) Pour être d'accord avec mes conclusions, je substitue dès à présent le mot *type* à l'expression *espèce* employée par M. Schiffner.

(2) *Remarque.* — On manque de données sur la région du Nord-Ouest de l'Italie comprise entre le Dauphiné et la région où est écrit, sur le schéma, le mot *multifidus*.

Six, caractérisés par leurs feuilles radicales coriaces et persistantes et par leurs carpelles complètement libres, sont spécialement localisés dans le Caucase, l'Asie mineure et le sud de la presqu'île balkanique; ils forment un premier groupe secondaire oriental, dans les détails duquel il nous est inutile d'entrer.

Sept autres, au contraire, à feuilles herbacées, non persistantes, et à carpelles soudés à la base, constituent un autre groupe secondaire, occidental, d'un tout autre intérêt dans la question qui nous occupe. Spécialement localisés dans la partie de l'Europe comprise entre les Balkans, les Carpathes orientales, la Baltique, l'Océan et la Méditerranée, ces types ont chacun leur centre de dispersion situé presque circulairement autour de notre région alpine; de ce centre ils rayonnent vers elle, sans toutefois y pénétrer, comme nous le verrons dans la suite. Deux d'entre eux, les *H. viridis* (L.) Schiff. et *occidentalis* Reut., vont jusque sur ses limites immédiates; quatre autres, les *H. multifidus* Vis., avec sa var. *Bocconi* (*H. Bocconi* Ten.), *dumetorum* Kit., *atrorubens* W. et K. et *purpurascens* W. et K., dont les aires de dispersion viennent se confondre au nord de l'Adriatique, s'approchent de cette région alpine; seul, le dernier, l'*H. siculus* Schiff., localisé en Sicile, en reste éloigné et ne se relie avec elle que par l'intermédiaire de l'*H. multifidus*. Il suffit, pour le moment, de constater cette position centrale de la région des Alpes de Savoie et du Dauphiné par rapport aux différents types du groupe occidental de la section *Euhelleborus*; plus tard, elle sera de grand secours pour expliquer certains faits et appuyer quelques hypothèses. Elle est nettement indiquée d'une manière théorique sur le schéma qui accompagne cet article (fig. 114).

Reste dans la section *Euhelleborus* un dernier type, l'*H. odorus* Kit. Par ses caractères mixtes (feuilles coriaces, persistantes et carpelles soudés à la base) comme par sa dispersion centrale dans les provinces danubiennes, d'où il se répand jusqu'aux Balkans d'une part et dans la Hongrie, l'Autriche et même, à l'état sporadique, jusque dans le nord de l'Italie d'autre part, il est manifestement un type de transition entre les deux groupes oriental et occidental de la section.

II. — *Historique de la controverse sur nos formes alpines d'Hellébores.*

Villars (1) ainsi que Lamarck et de Candolle (2), dont les ouvrages sont antérieurs aux travaux de Waldstein, Kitaibel, Wildenow, Host, Tenore, Visiani et autres, sur le démembrement de l'*H. viridis* de Linné, indiquent simplement cette espèce dans une seule localité du Dauphiné, encore aujourd'hui classique, celle du Tavanet, à Charance près Gap.

Mutel (3), Grenier et Godron (4) signalent quelques localités nouvelles dans la même région, mais suivent leurs devanciers pour la dénomination spécifique, sans aucun contrôle.

Victor Personnat est le premier qui ait attiré l'attention des botanistes français sur les Hellébores de la Savoie et du Dauphiné. En 1866, à la session extraordinaire de la Société botanique de France, à Annecy, il présente une forme d'Hellébore recueillie dans la Haute-Savoie et qui, dit-il, « n'est pas l'*Helleborus viridis* L. et Auct. Gall. » (5). La détermination en fut confiée au Dr E. Fournier . Le 26 octobre suivant, il écrivait à V. Personnat : « J'ai acquis la certitude que votre plante est l'*H. Bocconi*, d'après des échantillons d'Italie dont un même émane de Tenore lui-même » (6); en même temps E. Fournier lui annonçait qu'il avait fait imprimer, avant de le lui communiquer, le texte de la note ajoutée à sa communication, où il est dit d'une manière générale « que l'espèce des Alpes du Dauphiné et de la Savoie est l'*Helleborus Bocconi* Tenore ».

En présence d'une affirmation aussi catégorique, la présence en France de l'*H. Bocconi* devait paraître bien établie, quand trois ans plus tard Reuter publia la description de son *Helleborus*

(1) Villars : *Histoire des plantes du Dauphiné*, 1786, t. I, p. 334 et t. III, p. 717.
(2) Lamarck et de Candolle : *Flore française*, 1805, t. IV, p. 908.
(3) Mutel : *Flore française*, 1834, t. I, p. 28.
(4) Grenier et Godron : *Flore de France*, 1848, t. I, p. 41.
(5) Victor Personnat : *Sur une espèce du genre Helleborus, nouvelle pour la flore de France* (Bulletin de la Société botanique de France, session extraordinaire à Annecy, 1866, t. XIII, p. CXXXV).
(6) Extrait de la correspondance botanique de Victor Personnat; cette correspondance est en ma possession ainsi que tout son herbier.

occidentalis (1). Ce fut alors un changement complet dans les dénominations. Tous les Hellébores du Dauphiné et de la Savoie durent *a priori* changer de nom et prendre celui d'*H. viridis* en même temps que nos autres formes françaises devaient recevoir le nom nouveau d'*H. occidentalis* (2).

La question ne pouvait, encore cette fois, être résolue ainsi à la légère, sans étude approfondie de nombreux spécimens alpins. Aussi suffit-il de jeter les yeux sur les ouvrages récents relatifs à la flore du Dauphiné et de la Savoie pour voir l'embarras de leurs auteurs. Verlot trouve « qu'il est difficile de savoir à laquelle des deux espèces du Dauphiné ou du reste de la France le nom d'*H. viridis* doit être conservé (3) » ; le Dr Saint-Lager (4) et Cariot (5) hésitent entre les deux noms de *viridis* et d'*occidentalis* pour les formes savoisiennes et dauphinoises; Fourreau (6) crée une espèce nouvelle, l'*H. brevicaulis* Jord. et Fourr. (*H. viridis* L. ex parte), pour une forme de l'Isère; seul M. Bouvier (7) cite l'*H. viridis* en Savoie, sans aucune observation.

Avec de telles hésitations de la part des floristes eux-mêmes, les exsiccata et les herbiers publics ou particuliers sont remplis de déterminations douteuses (8).

Quant aux auteurs qui se sont, dans ces derniers temps, occupés de la distribution générale des Hellébores, ils ne sont pas moins perplexes. Nyman fait de l'*H. brevicaulis* Fourr. une

(1) Reuter : *Catalogue des graines recueillies en 1868 et offertes en échange par le jardin botanique de Genève*, 1868.

(2) « Notre confrère M. V. Personnat avait été d'avis de diviser l'*Helleborus viridis* L.; il avait réservé ce nom pour l'*H. occidentalis* Reuter, et regardé au contraire comme nouvelle l'espèce que M. Reuter considère comme étant l'*H. viridis* L. » (Bulletin de la Société botanique de France, 1869, t. XVI. Revue bibliographique, p. 53. Compte rendu du *Catalogue des graines*, etc., de Reuter).

(3) J. B. Verlot : *Catalogue raisonné des plantes vasculairs du Dauphiné*, 1872, p. 12.

(4) Dr. Saint-Lager : *Catalogue des plantes vasculaires de la flore du bassin du Rhône*, 1883.

(5) Cariot : *Etude des fleurs* (Flore du bassin moyen du Rhône et de la Loire), 1889, 3e édit. revue par le Dr Saint-Lager.

(6) J. Fourreau : *Catalogue des plantes qui croissent le long du cours du Rhône*, 1869, p. 25.

(7) L. Bouvier : *Flore des Alpes de la Suisse et de la Savoie*, 1882.

(8) Divers échantillons ont été publiés dans la *Société dauphinoise*, les *Plantes de la Haute-Savoie* de Bourgeau et la *Société Vogéso-Rhénane* sous le nom d'*H. viridis*, *occidentalis* et *Bocconi*. Ces trois noms se retrouvent dans tous les herbiers, presque toujours avec un signe de doute.

simple variété du *viridis*, signale en France l'*H. occidentalis* sans entrer dans aucun détail de dispersion, et ajoute à propos de l'*H. Bocconi :* « etiam Delph. Sabaud. sec. Fourn. et Personnat (1) ». Schiffner, qui a dû avoir sous les yeux un grand nombre d'échantillons de toutes provenances, n'est pas plus explicite; il ne cite aucune localité alpine française d'*H. viridis* ou *occidentalis*, et pour l'*H. Bocconi* il constate simplement que les données sur le Dauphiné et la Savoie demandent encore confirmation (2).

III. — *Raison de la controverse.*

La cause de tant d'incertitudes et de contradictions est la suivante : nous n'avons dans nos Alpes de la Savoie et du Dauphiné que des formes mal définies, se rapportant toujours à plusieurs types distincts de la section *Euhelleborus* et ne réunissant jamais tous les caractères d'un seul. Mais cette raison si simple ne pouvait être donnée *a priori;* elle est la conclusion d'une longue et patiente étude de nos formes alpines. A cet effet, depuis que mon attention a été portée sur ce sujet, il y a de cela plusieurs années, lors de l'insertion dans mes collections des nombreux spécimens de l'herbier de V. Personnat, j'ai réuni le plus grand nombre possible d'échantillons des différentes localités citées par les auteurs; j'ai consulté de nombreux herbiers gracieusement mis à ma disposition, en particulier ceux du Muséum et de la Sorbonne, et fait toutes mes déterminations d'après les descriptions et les planches des ouvrages originaux. Jamais le résultat n'a varié : toujours je me suis trouvé en présence de formes de transition.

Les unes, et ce sont les plus nombreuses, peuvent se rapporter, malgré leurs passages marqués avec d'autres, aux deux types du groupe occidental (*H. viridis* et *H. occidentalis*) dont l'aire de dispersion se termine justement à notre région alpine.

Les autres, au contraire, précisément celles recueillies par

(1) C. F. Nyman : *Conspectus floræ Europeæ*, 1878, p. 17.
(2) V. Schiffner : *loc. cit.*, p. 115.

V. Personnat, grâce à un certain nombre de caractères spéciaux nettement tranchés, s'écartent trop de tous les types de la section *Euhelleborus* pour rentrer avec certitude dans aucun. Elles constituent, à mon sens, un type alpin spécial, tout de transition, reliant dans le groupe occidental les formes du nord-est avec celles du midi et de l'est, et présentant même certaines affinités avec le groupe oriental. Je le décrirai sous le nom d'*H. Personnati* en mémoire de l'infatigable botaniste qui l'un des premiers a fait connaître notre flore savoisienne.

IV. — *Étude critique de nos formes alpines les plus remarquables.*

1° *Formes de passage du type* viridis *vers les types* occidentalis *et* dumetorum. — Spécimens recueillis en 1889, entre La Roche et Saint-Laurent, Haute-Savoie, par le P. Gave. Herbier de France de la Sorbonne.

1. Ces formes doivent être rapportées au type *viridis* (*H. viridis* L., sens. auct. recent.; Schiffn., Gatt. Helleb., p. 116), par leur grande taille, leurs feuilles radicales à 7-9 folioles entières, d'un vert obscur en dessus, plus pâles en dessous et pubescentes sur les nervures, par leurs fleurs solitaires, plus rarement géminées, à sépales très grands (2 centimètres et demi de long sur 2 de large lors de la première floraison, et 3 centimètres et demi sur 2 centimètres et demi au moment de la fructification), par leurs bractées florales finement dentées et leurs carpelles à styles non incurvés.

2. Elles passent : Au type *occidentalis* (*H. occidentalis* Reut., Cat. gr. Genév.; Schiffn., Gatt. Hell., p. 118) par le port général de la tige et plus spécialement par leurs feuilles caulinaires inférieures largement engainantes, et par la conformation, les découpures irrégulières et la grandeur des supérieures, qui sont presque toujours glabres. N'étaient les feuilles radicales, les fleurs et les fruits, l'on se croirait sûrement en présence de l'*H. occidentalis*.

Au type *dumetorum* (*H. dumetorum* Kit. in Wild. (1); Schiffn., Gatt. Hell., p. 119). Ce passage est directement marqué par la coloration des fleurs qui sont d'un jaune verdâtre, et surtout par la soudure des carpelles sur une longueur de plus d'un centimètre. On peut également l'établir d'une manière indirecte. En effet, les échantillons du P. Gave, par la grandeur des folioles des feuilles radicales (20 centimètres environ) et par la longueur des carpelles (4 centimètres environ jusqu'à la base du style, sur 1 centimètre de larg.) se rapprochent de l'*H. laxus* Host (2), dont M. Schiffner fait une simple variété de l'*H. viridis* (*H. viridis*, var. b. *laxus*); or cette variété établit justement le passage entre l'*H. viridis* auct. recent. et l'*H. dumetorum* Kit., auquel elle est rattachée par maints auteurs (3). Nous pouvons donc, dans le cas présent, considérer les spécimens de Saint-Laurent, comme des formes de transition purement secondaires reliant plus étroitement le type *viridis* à une forme de passage importante et bien définie.

2° *Forme de passage du type* viridis *vers le type* multifidus. — Spécimen recueilli en 1868, à la Rosière près Moutiers, Savoie, par Puget. Herbier de France du Muséum.

1. Cette forme a, dans son ensemble, de grandes analogies avec les précédentes. Les feuilles ont la taille, la pubescence, la coloration et les dents de l'*H. viridis;* les styles de ses carpelles sont droits. Elle appartient donc, à n'en pas douter, *au type viridis.*

2. Elle présente un passage indirect, mais bien accentué, vers le type *multifidus* (*H. multifidus* Vis. (4); Schiffn., Gatt. Hell., p. 115). En effet ses feuilles radicales offrent une particularité remarquable qui les rapproche beaucoup de celles de l'*H. Bocconi* Ten. (5) (*H. multifidus*, Var. b. *Bocconi* Schiffner).

(1) L. Wildenow : *Enumeratio plantarum Horti regii botanici Berolinensis*, 1809. t. I, p. 592.
(2) N. T. Host : *Flora austriaca*, 1831, t. II, p. 89.
(3) Host : *loc. cit.* — Nyman : *Consp. fl. europ.*, p. 17,
(4) Visiani : *Flora dalmatica*, 1852, t. III, p. 88.
(5) M. Tenore : *Sylloge plantarum vascularium floræ Neapolitanæ hucusque detectarum*, 1831, p. 274.

Toutes les folioles ne sont pas entières, les trois du milieu sont découpées sur un tiers environ de leur longueur, les deux latérales en deux segments, la médiane en trois. Ces divisions sont presque identiques à celles des feuilles radicales de l'*H. Bocconi* figurées par Gussone (1); elles sont simplement un peu moins accentuées, ce qui est tout naturel dans une forme de passage. Dans l'échantillon de la Rosière la division secondaire médiane de la foliole impaire du milieu est libre et ne touche pas aux latérales, qui elles-mêmes sont indivises ; dans la planche de Gussone, au contraire, cette même foliole secondaire médiane recouvre par ses bords les deux voisines qui subissent aussi un commencement de division. Les folioles n'ayant que deux subdivisions, elles ont également leurs analogues dans l'Hellébore de Gussone, qui dans sa définition dit d'ailleurs : « foliolis 2-3 partito-incisis »; seules les subdivisions tertiaires manquent encore dans notre plante de la Savoie. Quant aux dents des folioles, il y a similitude parfaite.

D'autre part les fleurs du spécimen de la Rosière sont assez petites ; c'est une nouvelle liaison avec l'*H. Bocconi*.

Nous sommes donc en présence d'une forme de passage de l'*H. viridis* vers l'*H. Bocconi*, réunissant la pubescence du premier (2) aux feuilles découpées et aux petites fleurs du second. Ce n'est qu'une forme de passage toute secondaire, l'*H. Bocconi* n'étant lui-même qu'une forme de passage plus importante, primaire pour ainsi dire, vers le type *multifidus*.

3° *Formes appartenant à* l'H. laxus *Host*. — Spécimens recueillis par MM. Burle et Reverchon dans la localité classique du Tavanet, à Charance près Gap, Hautes-Alpes. Herbiers A. Pellat, Marcilly, etc. Exsiccata de la *Société Dauphinoise*, n° 666, sub nom. *H. viridis*.

Ces formes du Dauphiné, dont la détermination a si souvent déjà embarrassé les botanistes, appartiennent certainement à

(1) J. Gussone : *Plantæ rariores quas in itinere per oras Jonii ac Adriatici maris et per regiones Samnii ac Aprutii collegit*, 1826, tab. 41. Cette planche représente l'*H. intermedius* Guss. qui est l'*H. Bocconi* suivant Tenore et Schiffner.

(2) L'*H. Bocconi* est glabre, d'après Tenore, Gussone, etc.

l'*H. laxus*. Tous leurs caractères concordent si bien avec les descriptions de Host (1), de M. Schiffner (2) et de Reichenbach (3) et aussi avec la figure qu'en donne ce dernier auteur (4), qu'il est complètement inutile d'en entreprendre l'énumération. Un mot seulement sur les nectaires : selon Freyer, cité par M. Schiffner, ils sont très larges dans l'*H. laxus ;* or dans les formes du Dauphiné ils ont en moyenne 2 millimètres de large sur 4 de long. Ce sont, eu égard à leur peu de longueur, les plus larges de tous ceux que j'ai observés.

Les Hellébores du Tavanet, bien que possédant des caractères nettement définis, n'en sont pas moins des formes de transition, l'*H. laxus* étant une forme de passage entre le type *viridis*, dans lequel il est actuellement rangé, et le type *dumetorum*.

4° *Forme présentant le mélange complet des deux types* viridis *et* occidentalis. — Spécimen recueilli à Vougy près Cluse et publié par Bourgeau en 1873, dans les *Plantes de la Haute-Savoie*.

Les feuilles ont bien la forme et les dents du *viridis*, mais elles sont plus pâles et surtout glabres, comme dans l'*occidentalis*.

5° *Type absolument de transition :*

Helleborus Personnati Masc. (*H. Bocconi* Fournier, Bull. Soc. bot. Fr., t. XXII, p. 135 et Personnat, Exsicc. Soc. Vogéso-Rhénane, non Tenore). — *Hab. :* Haute-Savoie, Saint-Roch, prairies boisées de Lévaud-Dessus (600 m. d'altit.) et Cordon, bois siliceux (700 m.). Recueilli par V. Personnat et observé sans aucune variation pendant près de dix ans.

La description donnée dans le Bulletin de la Société botanique de France est très incomplète. Voici ses principaux caractères (Voy. pl. 26) :

(1) Host : *loc. cit.*, p. 89.
(2) Schiffner : *loc. cit.*, p. 115.
(3) L. Reichenbach : *Flora germanica excursoria*, 1830, p. 744.
(4) Reichenbach : *Icones floræ Germanicæ et Helvetiæ*, pl. 4720.

Feuilles radicales herbacées, moins consistantes, et plus brièvement pétiolées que celles de l'*H. viridis*, se développant au moment de la floraison, pétalées, ordinairement à sept folioles, les cinq intérieures assez étroitement lancéolées, entières, les deux extérieures composées de trois à quatre segments, toutes très finement dentées et acuminées, d'un vert gai, et glabres sur la face supérieure, plus pâles en dessous et couvertes, sur les nervures et le haut du pétiole, de poils fins, unicellulaires, un peu glanduleux, formant un feutrage serré ; tige de 2 à 4 décimètres, subdichotome, ordinairement triflore, couverte, surtout sur les rameaux, de petits poils, semblables à ceux des feuilles radicales et disposés linéairement sur les stries ; feuilles caulinaires bractéiformes, moins velues que les radicales, les inférieures à trois folioles plus ou moins soudées, rarement cinq, à pétiole largement embrassant, les supérieures réduites à une ou deux bractées sessiles dépassant les fleurs, quelquefois à deux ou trois divisions irrégulières, le plus souvent entières et alors nettement arquées au sommet, toutes à dents fines et serrées ou ne présentant que quelques dents sur tout le contour ou même avec tout un côté absolument entier ; fleurs de 4 centimètres environ, penchées, d'un vert pâle, à sépales arrondis se recouvrant largement ; nectaires comprimés très irréguliers, à bords entiers ou laciniés, presque toujours largement ouverts, sans lèvre supérieure recouvrant le tube, longs de 5 à 7 millimètres et larges de 2 et demi à 4 millimètres ; étamines à filets aplatis, quelquefois assez larges ; styles courts, un peu arqués ; carpelles, 3 ou 4, arrondis-cylindriques à la maturité (follicule), dilatés à la base et formant extérieurement une espèce d'éperon très obtus, long environ de 2 centimètres sur 1 de large, à nervure dorsale, saillante, ailée, se continuant en un bec subulé, de 5 à 7 millimètres, un peu arqué extérieurement ; tous les carpelles légèrement soudés à la base ou même (dans les formes à trois carp.) un complètement libre (pl. 26, fig. 2), brièvement pétiolé.

Type de transition présentant de nombreuses affinités avec

les différents types du groupe occidental et même du groupe oriental de la section *Euhelleborus*, mais ne pouvant se rattacher à aucun.

Il est éloigné de l'*occidentalis* par sa villosité (pl. 26, fig. 3) et la forme de ses feuilles; du *viridis* par ses feuilles radicales et surtout caulinaires, la forme de ses carpelles; du *multifidus* par la forme de ses feuilles; du *siculus* par sa villosité; du *dumetorum* par cette même villosité et ses larges sépales se recouvrant; de l'*atrorubens* et du *purpurascens* par ses fleurs verdâtres; de tout le groupe oriental par ses feuilles herbacées.

Il se rapproche de l'*atrorubens* par la forme de ses feuilles radicales; du *multifidus*, var. *Bocconi* par le port de la tige, la forme de ses bractées, ses fleurs et ses follicules; du *dumetorum* par les dentelures fines de ses feuilles.

De plus, il présente certaines formes anormales qui établissent d'autres transitions d'une manière plus immédiate. L'une de ces formes, un peu plus grande, à feuilles caulinaires plus accentuées et moins bractéiformes, à carpelles plus longs et plus largement soudés, le relie manifestement au *viridis;* une autre, recueillie par l'abbé Chevalier, à Saint-Laurent (Haute-Savoie) et indiquée comme identique par Personnat (1), présente une feuille radicale offrant une analogie frappante avec celle du type *dumetorum* figurée par Reichenbach (2).

Enfin, par le carpelle complètement libre que l'on observe dans un certain nombre de spécimens, il offre une certaine affinité avec tout le groupe oriental de la section; ses bractées florales entières le rapprochent également de certains types de ce groupe, en particulier de l'*H. abchasicus* A. Br.

L'*H. Personnati* établit donc surtout le passage entre les types du nord-est et ceux de l'est et du midi.

V. — *Conclusions.*

Les conclusions de cette étude, relatives à la géographie bo-

(1) Bulletin Société botan. de France, *loc. cit.*
(2) Pl. 4719.

tanique de la France, sont faciles à tirer : nous ne possédons en Savoie et en Dauphiné aucun type bien caractérisé de la section *Euhelleborus;* les formes que l'on y rencontre sont toutes de transition ; les unes appartiennent aux *H. viridis* et *occidentalis*, les autres à un type qui paraît spécial à cette région, *H. Personnati.* La présence de ces formes de passage (*H. Bocconi* doit être exclu de la flore française) s'explique facilement par la position géographique de cette région au centre de l'aire de dispersion des Hellébores du groupe occidental.

D'autres conclusions d'un intérêt plus général peuvent se dégager de cette étude. Les formes de transition que l'on observe dans nos Alpes françaises, grâce à leur situation au voisinage des divers types du groupe occidental, n'existent pas seulement dans cette région ; tous ces types ne sont bien caractérisés qu'au centre de leur aire de dispersion, et, sur toutes leurs limites, se confondent avec leurs voisins, si bien qu'il est souvent impossible de les déterminer sûrement. M. Schiffner, dans sa monographie, a fait parfaitement ressortir toutes ces affinités. Que prouvent tous ces passages parfaitement suivis du nord au midi, de l'est à l'ouest entre tous les types de la section *Euhelleborus*, sinon leur étroite parenté? A mon avis, tous les types de la section ne sont que des formes locales dues aux transformations d'un type primitif, et se modifiant à mesure qu'il s'est éloigné de son centre de dispersion. Aussi, en me basant sur les nombreux caractères de ressemblance que l'on retrouve partout et qui doivent toujours entrer les premiers en ligne de compte, toute question relative à l'espèce, eu égard aussi aux quelques hybrides que M. Schiffner a cru pouvoir distinguer et encore au cas particulier d'atavisme que paraît présenter l'*H. Personnati* avec son carpelle libre, il me semble qu'il n'est pas téméraire d'affirmer que toutes les formes de la section *Euhelleborus* appartiennent à une seule et même espèce type. Quel nom doit-on lui donner? Ce serait sortir des limites de mon travail que d'en proposer un. Celui de Spach (1), *H. officinalis*.

(1) Spach : *Histoire naturelle des végétaux*, 1839, t. VII, p. 316.

peut jusqu'à nouvel ordre être conservé. Quant aux nombreuses formes décrites comme espèces par Schiffner, on peut très bien, sans leur attacher de valeur spécifique, les conserver comme *types* de formes locales. Au milieu d'eux doit prendre place l'*H. Personnati*, comme type de transition, au même titre que l'*H. odorus*.

Si je me permets d'énoncer cette conclusion, c'est qu'il m'a paru intéressant de montrer combien certains faits de géographie botanique qui, pris isolément, n'ont qu'une importance minime, peuvent, étant rattachés à d'autres plus généraux, renseigner le monographe sur la valeur spécifique des formes qu'il décrit. Bien des controverses cesseraient facilement si l'étude de la botanique descriptive n'était jamais détachée de celle de la géographie botanique.

Explication de la planche 26.

Fig. 1. *Helleborus Personnati* Masc. Plante entière, 1/2 grandeur naturelle.

Fig. 2. Sommité d'un rameau fructifié, représentée en grandeur naturelle et montrant l'un des carpelles complètement libre.

Fig. 3. Portion agrandie de la face inférieure d'une feuille, faisant voir la disposition de la villosité.

RECHERCHES

SUR

LES TUBERCULES

Par M. A. SEIGNETTE

(*Fin.*)

II. — Mesures.

1° Température des tubercules à l'état de vie ralentie.

Ces expériences sur les tubercules à l'état de vie ralentie, c'est-à-dire sans aucune manifestation vitale apparente, ont été faites de la manière suivante : Dans une première série d'expériences, j'ai placé ces tubercules au milieu de la sciure de bois dans une caisse de 50 centimètres de longueur sur 25 centimètres de largeur; les bords de cette caisse étaient recouverts d'une couverture de laine sur laquelle s'appuyait le couvercle; de cette façon, l'air se renouvelait très lentement dans la caisse, et la température variait peu à cause de la très mauvaise conductibilité de la sciure de bois. Cette température était donnée par cinq thermomètres marquant les dixièmes de degré et placés à différentes profondeurs dans la sciure de bois qui remplissait la caisse. Au bout de dix heures environ, les cinq thermomètres indiquaient tous la même température, à peu près celle de la chambre où se faisait l'expérience. Quand la température était restée constante pendant quarante-huit heures sans varier d'un cinquième de degré, je m'assurais alors que l'image du miroir du galvanomètre était au zéro de la graduation de l'échelle; les deux aiguilles thermo-électriques doivent toutes deux être plongées depuis plusieurs heures dans le même morceau de moelle de sureau, et être restées depuis plusieurs heures dans la même chambre, dans la sciure de bois.

Dans toutes les expériences, l'image s'est déplacée de façon à indiquer une température plus élevée dans le tubercule que dans la sciure de bois; mais cette déviation ne persiste pas, elle est toujours trop forte, même si l'on a la précaution d'enfoncer très doucement l'aiguille dans le tubercule; il faut tout d'abord au moins cinq minutes pour que l'aiguille du galvanomètre ait cessé d'osciller, mais on doit, même au bout de ce temps, se méfier encore de cette immobilité, qui n'est ordinairement qu'apparente; l'image continue pendant un quart d'heure environ à se rapprocher du zéro, lentement et sans oscillation; elle finit alors par garder une position définitive, à une distance fixe du zéro, d'où l'on peut conclure l'excès de température du tubercule sur celle de la sciure de bois.

Voici les résultats d'une première expérience faite sur trois tubercules de chaque espèce, à l'état de vie ralentie, la température de la caisse indiquée par les cinq thermomètres étant de 6 degrés au-dessous de 0. L'exactitude des nombres trouvés est obtenue à 0,02 près, comme nous l'avons vu, c'est-à-dire que les températures indiquées sont exactes à un cinquantième de degré près.

Température des tubercules placés dans un milieu dont la température est de — 6 degrés.

				Moy.	Excès de température des tubercules sur la temp. du milieu.
Hyacinthus orientalis...	4°56	4°44	4°30	4°46	1°54
Tulipa Gesneriana.....	5,00	4,35	4,30	4,55	1,45
Cyclamen europæum...	5,50	5,20	5,10	5,25	0,75
Solanum tuberosum....	4,22	4,10	3,90	4,07	1,93
Iris germanica.........	5,00	4,80	4,64	4,85	1,19
Canna indica..........	4,75	4,60	4,55	4,63	1,37
Gladiolus gandavensis..	4,25	4,10	3,95	4,10	1,90
Helianthus tuberosus...	5,10	4,90	4,80	4,93	1,07
Dahlia variabilis.......	5,17	4,90	4,60	4,89	1,11
Stachys tuberifera......	4,20	4,00	3,80	4,00	2,00
Cyperus esculentus.....	4,10	3,90	3,50	3,83	2,17
Convallaria maialis.....	5,06	5,08	4,84	4,99	1,01
Anemone coronaria....	5,40	5,20	5,20	5,26	0,74
Crocus vernus.........	4,50	4,30	4,26	4,35	1,66
Begonia erecta	5,55	5,35	5,00	5,30	0,70
Ranunculus asiaticus...	5,00	4,80	4,76	4,85	1,15

Température des tubercules dans un milieu dont la température est de + 3 degrés.

				Moy.	Excès de la température des tubercules sur celle du milieu.
Hyacinthus orientalis...	3°80	4°00	4°25	4°01	1°01
Tulipa Gesneriana.....	3,40	3,70	4,30	3,80	0,80
Cyclamen europæum...	4,25	4,30	4,65	4,46	1,46
Solanum tuberosum....	4,37	5,20	5,30	4,95	1,95
Iris germanica.........	3,90	4,20	4,22	4,10	1,10
Canna indica..........	4,07	4,10	4,20	4,12	1,12
Gladiolus gandavensis..	3,90	3,95	4,12	3,99	0,99
Helianthus tuberosus...	3,60	3,90	4,12	3,87	0,87
Dahlia variabilis.......	3,90	4,10	4,18	4,06	1,06
Stachys tuberifera.....	4,30	4,50	4,65	4,48	1,48
Cyperus esculentus....	3,80	3,95	4,10	3,95	0,95
Convallaria maialis....	3,40	3,50	3,55	3,48	0,48
Anemone coronaria....	3,15	3,25	3,40	3,26	0,26
Crocus vernus.........	3,30	3,45	3,70	3,48	0,48
Begonia erecta........	3,90	4,20	4,30	4,13	1,13
Ranunculus asiaticus...	3,30	3,50	3,50	3,43	0,43

Température des tubercules dans un milieu dont la température est de + 11 degrés.

				Moy.	Excès de température du tubercule sur celle du milieu.
Hyacinthus orientalis....	11°25	11°80	11°85	11°63	0°63
Tulipa Gesneriana......	11,32	11,45	11,90	11,55	0,55
Cyclamen europæum....	11,95	12,70	12,90	12,51	1,51
Solanum tuberosum.....	12,25	12,80	13,10	12,71	1,71
Iris germanica..........	11,30	11,45	11,60	11,45	0,45
Canna indica...........	11,60	11,60	11,90	11,70	0,70
Gladiolus gandavensis...	11,38	11,50	11,70	11,52	0,52
Helianthus tuberosus....	11,70	11,80	11,90	11,80	0,80
Dahlia variabilis........	11,80	11,95	12,05	11,93	0,93
Stachys tuberifera......	11,60	11,95	12,06	11,87	0,87
Cyperus esculentus......	11,65	11,82	12,00	11,82	0,82
Convallaria maialis......	11,22	11,25	11,40	11,29	0,29
Anemone coronaria.....	11,10	11,22	11,36	11,22	0,22
Crocus vernus..........	11,35	11,40	11,52	11,42	0,42
Begonia erecta..........	11,54	11,80	12,10	11,81	0,81
Ranunculus asiaticus....	11,20	11,37	11,48	11,35	0,35

Si nous comparons les excès moyens de température d'une

même espèce, à l'état de vie ralentie, sur la température du milieu ambiant, nous pouvons dresser le tableau suivant qui rapproche les résultats moyens obtenus à — 6°, à + 3°, à + 11°.

Excès moyens de température des tubercules d'une même espèce à l'état de vie ralentie sur la température du milieu ambiant.

	Excès à — 6°.	Excès à + 3°.	Excès à + 11°.
Hyacinthus orientalis	1°54	1°01	0°63
Tulipa Gesneriana	1,45	0,80	0,55
Cyclamen europæum	0,75	1,46	1,51
Solanum tuberosum	1,93	1,95	1,71
Iris germanica	1,19	1,10	0,45
Canna indica	1,37	1,12	0,70
Gladiolus gandavensis	1,90	0,99	0,52
Helianthus tuberosus	1,07	0,87	0,80
Dahlia variabilis	1,11	1,06	0,93
Stachys tuberifera	2,00	1,48	0,87
Cyperus esculentus	2,17	0,95	0,82
Convallaria maialis	1,01	0,48	0,29
Anemone coronaria	0,74	0,26	0,22
Crocus vernus	1,65	0,48	0,42
Begonia erecta	0,70	1,13	0,81
Ranunculus asiaticus	1,15	0,43	0,35

Tous les résultats numériques donnés dans les tableaux précédents ont été obtenus au moyen des aiguilles thermo-électriques, mais ils ont été contrôlés par les indications du thermomètre à mercure à réservoir effilé que j'ai plongé dans chaque tubercule, en prenant toutes les précautions que j'ai indiquées et qui sont nécessaires pour obtenir une température exacte.

D'après la comparaison des nombres donnés dans ces tableaux, on peut conclure, d'une manière générale, qu'un tubercule résiste d'autant plus au froid que le froid est plus intense; nous ne trouvons d'exception que pour les tubercules de Cyclamens et de Bégonias, tubercules qui ont d'ailleurs beaucoup de rapports morphologiques; pour la Pomme de terre, et encore dans cette dernière espèce la différence est très faible; enfin pour le Cyperus j'ai trouvé à — 6° une différence très considérable entre les températures du tubercule et celle du milieu ambiant, à — 6° et à + 3°; il est possible qu'il y ait pour ce tubercule, qui était absolument sec, à tenir compte d'une cause

particulière d'erreur, la mauvaise conductibilité des tubercules.

Nous remarquons aussi que le *Crocus* et le *Banunculus* présentent une différence dans le même sens ; ces plantes ont aussi un tubercule assez sec; il peut y avoir la même cause d'erreur que pour le *Cyperus*.

Dans une deuxième série d'expériences, j'ai mis dans de la terre les tubercules à l'état de vie ralentie, et j'ai comparé la température de ces tubercules avec celle de la terre.

J'ai opéré quand la température de la terre était de 11 degrés, température qui était d'environ un degré inférieure à celle, presque absolument constante, de la chambre où j'opérais ; les tubercules étaient dans une grande caisse remplie de terre, sur laquelle les variations très faibles de température extérieure n'avaient pas d'effet appréciable pour les thermomètres de précision qui y plongeaient. La terre était maintenue légèrement humide, dans des conditions aussi rapprochées que possible des conditions naturelles.

Pour tous les tubercules sur lesquels j'ai opéré, j'ai trouvé après trois jours de séjour dans la terre une moyenne d'excès de température supérieure à celle obtenue quand les tubercules étaient dans la sciure de bois, comme l'indique le tableau suivant.

Excès moyens de température des tubercules à l'état de vie ralentie sur la température de la terre à 11 degrés, après un séjour de trois jours dans la terre.

	Excès dans la sciure de bois.	Excès dans la terre.	Excès dans de la moelle de sureau dans un tube.
Hyacinthus orientalis.......	0°63	0°80	0°65
Tulipa Gesneriana..........	0,55	8,60	0,57
Cyclamen europæum.......	1,51	1,40	1,45
Solanum tuberosum........	1,71	1,90	1,85
Iris germanica.............	0,45	0,60	0,48
Gladiolus gandavensis.......	0,52	0,90	0,65
Helianthus tuberosus.......	0,80	1,08	0,95
Dahlia variabilis...........	0,93	1,20	1,10
Stachys tuberifera..........	0,87	1,52	1,40
Cyperus esculentus.........	0,82	1,10	0,95
Convallaria maialis.........	0,29	0,50	0,30
Anemone coronaria........	0,22	0,60	0,40
Crocus vernus..............	0,42	0,62	0,50
Begonia erecta.............	0,81	1,04	0,92
Ranunculus asiaticus	0,35	0,55	0,40

Cette augmentation de la température du tubercule, qui est générale, peut être interprétée de plusieurs manières :

1° Il est possible que ces tubercules ne soient plus, après un séjour de trois jours dans la terre, dans l'état de vie ralentie qu'ils présentaient quand on les a enterrés ; quelques-uns d'entre eux en effet avaient sensiblement changé d'aspect.

2° Il est possible aussi que l'évaporation superficielle dont la terre est le siège refroidisse celle-ci plus que les tubercules qui y sont plongés.

Pour tenir compte de cette dernière cause j'ai comparé la température du tubercule avec celle d'un morceau de moelle de sureau bien sèche, placée dans un tube à essai que j'enfonçai dans le sol ; au bout de deux heures environ, la moelle était à la température du sol ; puis, je plongeai l'une des aiguilles thermo-électriques dans la moelle, l'autre dans le tubercule sur lequel j'opérais. J'ai alors observé pour presque tous les tubercules des excès de température intermédiaires aux deux nombres trouvés précédemment, et j'ai pu conclure de nombreuses expériences qu'à la température où j'opérais il fallait bien mettre en moyenne une diminution de 10 divisions ou deux cinquièmes de degré, sur le compte de l'évaporation du sol.

J'ai aussi cherché à tenir compte de l'influence exercée par la nature du sol en prenant pour terme de comparaison des tubercules morts, que je tuais en les mettant quelques instants dans de l'eau à 50 degrés ou bien en les empoisonnant avec de l'eau froide additionnée de chlorate de potasse ; je n'ai pas obtenu de bons résultats par cette méthode.

2° *Température des tubercules situés dans le sol, à l'état de vie manifestée.*

Mes expériences sur la température des tubercules à l'état de vie manifestée ont porté principalement sur les tubercules de *Stachys tuberifera*, de *Hyacinthus orientalis*, de *Crocus vernus*, de *Begonia erecta*, de *Tulipa Gesneriana*, de *Scilla maritima*.

1° *Observation des températures des bulbes de Tulipa Gesneriana.*

En faisant planter tous les huit jours un bulbe de Tulipe j'ai obtenu au bout de deux mois des individus de cette plante dans tous les états de développement, depuis le bulbe à l'état de vie ralentie que je venais de mettre dans le sol, jusqu'à l'individu défleuri qui avait épuisé le bulbe initial, et qui portait à sa base un ou plusieurs bulbes en voie de formation.

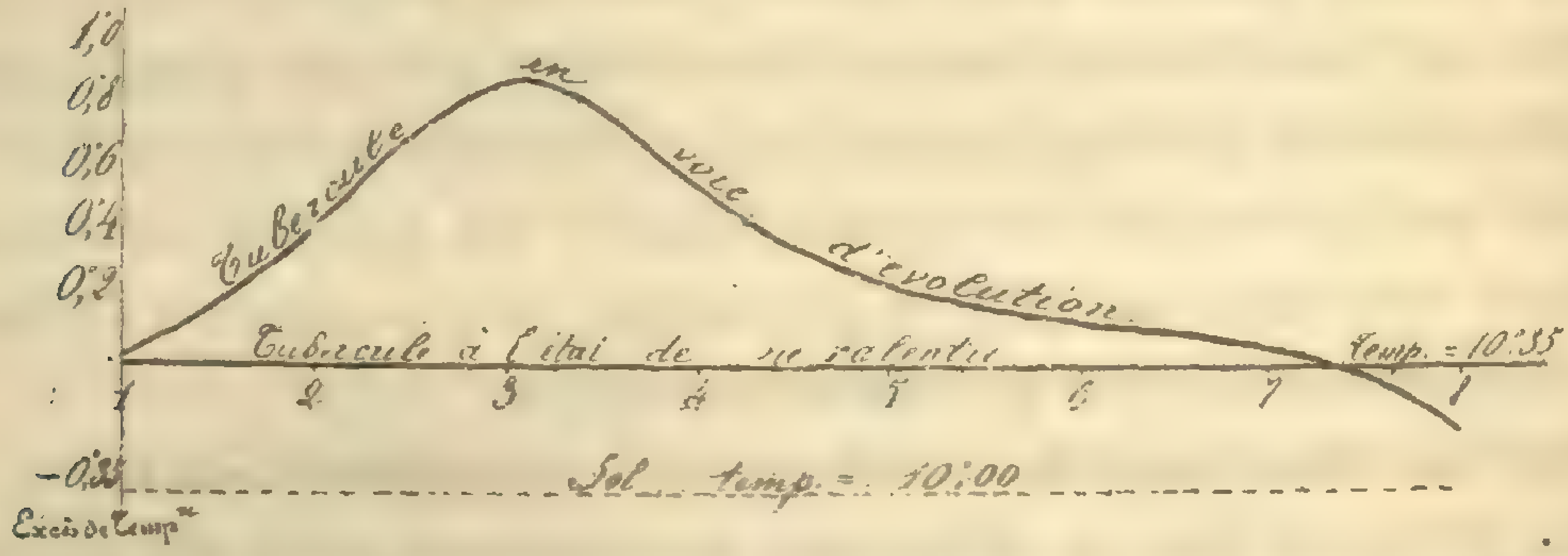
J'ai pu alors par de nombreuses expériences constater, à leurs différents âges, la différence de température de ces bulbes avec celle du sol, ou la différence de leur température entre eux.

Pour obtenir la différence de température des bulbes avec le sol, j'ai opéré, comme je l'ai indiqué pour les tubercules à l'état de vie ralentie, en enfonçant une aiguille thermo-électrique dans le tubercule et l'autre dans le sol, ou dans la moelle de sureau.

Dans ces différentes expériences, je ne tiens pas compte de la température absolue du sol, qui n'a d'ailleurs varié que de 10 à 12°. Je ne tiens compte que de la température relative du sol et des bulbes, ou de la température relative des bulbes entre eux.

La manière d'opérer la plus rapide, ou plutôt la moins longue, consiste à enfoncer l'une des aiguilles dans de la moelle de sureau mise dans un tube à essai enfoncé dans la terre, ou encore dans le tubercule à l'état de vie ralentie, et l'autre aiguille dans le bulbe qui commence à entrer dans la vie manifestée. On voit l'image blanche du miroir du galvanomètre indiquer par son déplacement une augmentation de température du second tubercule par rapport au premier ; le nombre des divisions de la règle indique la différence de température ; quand, après quelques oscillations, l'image est redevenue immobile, on contrôle l'exactitude de l'indication en intervertissant la position des aiguilles, c'est-à-dire en mettant dans le second tubercule celle qui était dans le premier, et dans le premier celle qui était dans le second ; la déviation de l'image dans le second cas doit être la même, ou à très peu près la même, que la déviation dans le premier cas ; on

prend la moyenne des deux indications; on fait le calcul de réduction à l'unité qui transforme le nombre de divisions en frac-



Courbe n° 1. — Courbe représentant les différences entre la température d'un bulbe de *Tulipa Gesneriana* à ses divers états de développement, et la température d'un bulbe de la même espèce à l'état de vie ralentie.

tions de degré, et on obtient alors la différence de température des deux tubercules (courbe n° 1).

J'ai comparé huit tubercules de Tulipe dans des états de développement différents.

1. Tubercule à l'état de vie ralentie.

2. On voit dans ce deuxième tubercule émerger les feuilles vertes.

3. Les feuilles aériennes ont plusieurs centimètres.

4. On voit nettement le bouton de la fleur.

5. La fleur est épanouie.

6. La fleur se fane.

7. La fleur est passée.

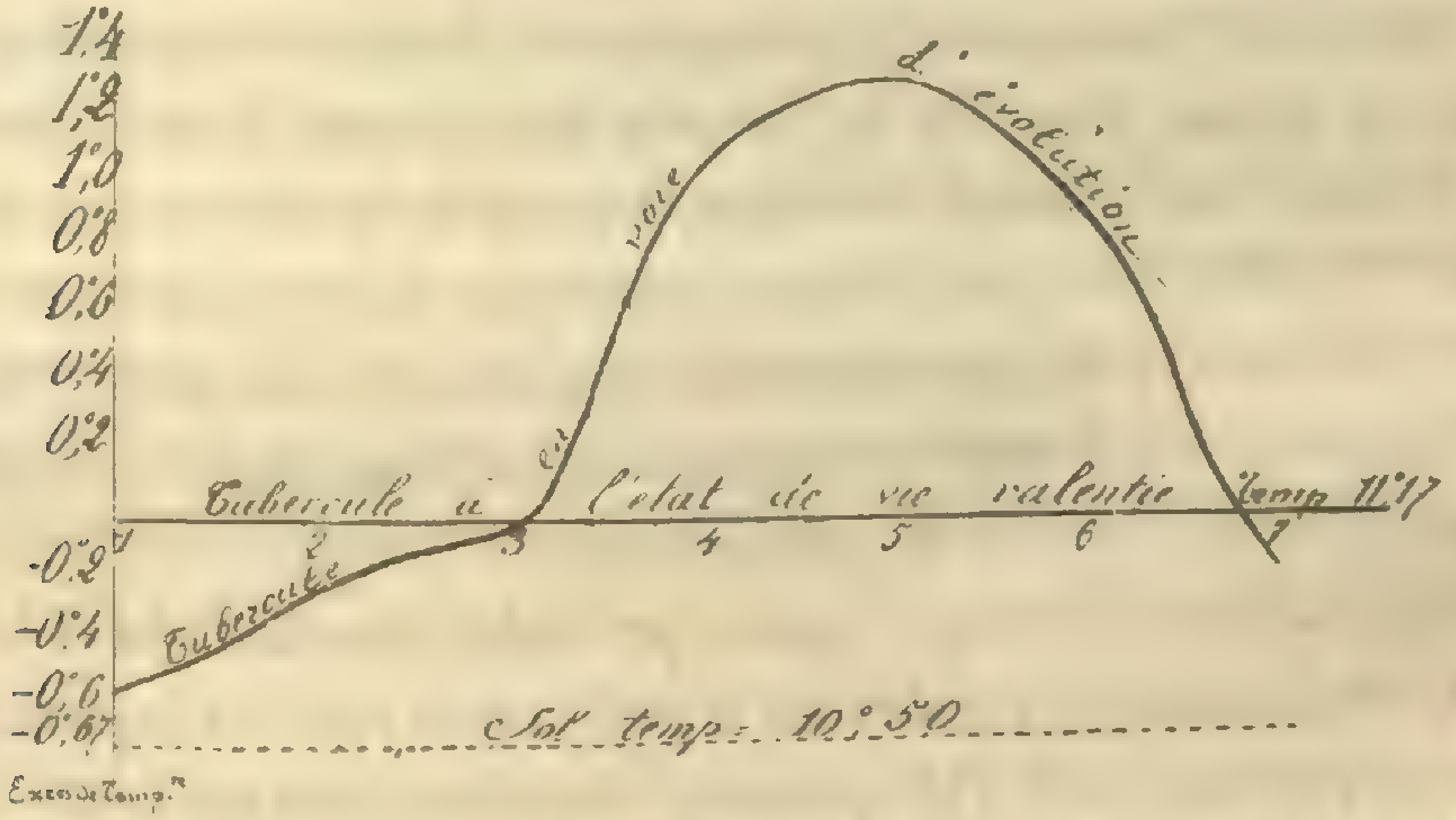
8. Le fruit est développé.

J'ai pris pour terme de comparaison la température du tubercule 1 dans lequel j'ai fixé une aiguille thermo-électrique, puis j'ai successivement plongé l'autre aiguille dans les autres tubercules, en faisant comme toujours le contrôle après chaque expérience. J'ai aussi trouvé que la température du tubercule 2 était de 0°,40 supérieure à celle du tubercule 1, le tubercule 3 de 0°,94, le tubercule 4 de 0°,45, le tubercule 5 de 0°,28, le tubercule 6 de 0°,15, le tubercule 7 de 0°,04, le tubercule 8 était plus froid de 0°,21.

On peut représenter par une courbe les variations de ces tem-

pératures. Sur la ligne des abscisses je prends des longueurs qui représentent le nombre de jours depuis lesquels les tubercules ont été mis dans le sol, et je prends les températures comme ordonnées. La température du sol était de 10° et l'excès de la température du tubercule à l'état de vie ralentie sur celle du sol était 0°,35.

La lecture de cette courbe nous montre que la température du bulbe de Tulipe s'élève rapidement quand ce dernier passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie manifestée ; elle montre aussi que le maximum a lieu au moment où le bouton va se former ; avant même que le bouton soit visible la température cesse de



Courbe n° 2. — Courbe représentant les différences entre la température d'un tubercule de *Stachys tuberifera* à ses divers états de développement, et la température d'un tubercule de la même espèce à l'état de vie ralentie.

s'élever autant, et enfin quand le fruit se développe, la température du tubercule, sans cesser d'être plus élevée que celle du sol, est moins élevée que celle du tubercule inactif.

2° *Observations des températures des tubercules de Stachys.*

En employant les mêmes procédés j'ai construit pour le *Stachys tuberifera* la courbe ci-dessus pour les sept tubercules, sur lesquels j'ai expérimenté :

1. Tubercule très jeune en voie de formation ;

2. Tubercule plus gros que le tubercule 1, mais descendant encore ;

3. Tubercule au moment où il s'immobilise à l'état de vie ralentie ;

4. Tubercule entrant dans la vie manifestée, les tiges minces ascendantes atteignent 2 centimètres ;

5. Tubercule plus âgé : les tiges ascendantes atteignent le sol ;

6. Tubercule donnant des tiges feuillées atteignant 10 centimètres ;

7. Tubercule en voie de destruction.

Avec des tubercules de Bégonias inégalement développés et des tubercules de Crocus observés à différents degrés de développement j'ai pu construire de la même manière des courbes indiquant un maximum de température au moment de la formation des fleurs.

En laissant d'une manière permanente l'une des aiguilles dans le sol, ou mieux dans de la moelle de sureau placée dans un tube enfoncé dans le sol, on peut, quand la température du sol atteint 12 à 15 degrés, observer en quelques heures une déviation sensible et suivre l'augmentation régulière de la température, mais dans ce cas il faut à chaque observation tenir compte du déplacement du zéro de la graduation.

Presque toutes les expériences précédentes ont été contrôlées avec le thermomètre à mercure à petit réservoir, et les résultats des observations ont été presque toujours concordants à un dixième de degré près.

3° *Variations de température des bulbes de Scilla maritima.*

Pour observer d'une manière continue les variations de température d'un tubercule et les comparer aux variations du sol, j'ai employé les bulbes de *Scilla maritima ;* avec ces énormes bulbes du poids de près de 2 kilogrammes, les causes d'erreur dans les mesures des températures sont moins nombreuses et l'observation est plus rapide et plus facile. J'ai plongé un thermomètre très sensible, indiquant exactement les dixièmes de degré, dans l'intérieur du bulbe que j'ai mis dans la terre, j'ai placé un autre thermomètre absolument comparable dans le sol à côté du bulbe, et un troisième dans de la moelle de sureau isolée du sol, comme je l'ai déjà indiqué plus haut.

Les observations ont duré cinq mois, du mois de janvier au mois de juin.

Pour contrôler les observations, j'ai à plusieurs reprises interverti les thermomètres en plaçant dans la terre celui qui était dans le tubercule et inversement ; en quelques minutes les mêmes températures étaient de nouveau indiquées.

Voici les résultats de plus de cinq cents observations :

Quand le sol ne change pas rapidement de température, comme par exemple cela a lieu quand il vient à pleuvoir ou que le soleil donne sur le sol, les bulbes sont toujours à une température supérieure à celle du sol ; cet excès de température a été de un demi-degré environ en janvier, février ; en mars la moyenne a été de près de 1° ; en mai et commencement de juin la moyenne de l'excès de température a été encore plus élevée, il est de près de 1 degré et demi.

Quand les variations de température ont été brusques, j'ai observé plusieurs fois des différences dépassant 6 degrés, soit en plus soit en moins ; ces écarts considérables doivent certainement être mis uniquement sur le compte de la mauvaise conductibilité du bulbe par rapport à celle du sol ; car on peut constater que le thermomètre mis dans la sciure de bois ou dans la moelle subit dans ce cas à peu près les mêmes écarts. Mais ce qui prouve la production de chaleur dans le bulbe, c'est que dans cette différence, si c'est le bulbe qui est le plus chaud, cet excès se maintient longtemps, l'abaissement ne se produit que très lentement ; si, au contraire, c'est la terre qui est plus chaude que le bulbe, l'écart de température cesse quelquefois en moins de deux heures ; la température du bulbe atteint bientôt celle du sol et ne tarde pas à la dépasser.

En général, à mesure que la température du sol s'abaisse, la différence de température entre les bulbes et le sol augmente ; le tubercule résiste donc davantage au froid, à mesure que ce froid est plus intense ; j'ai constaté plusieurs fois, quand le sol était au-dessous de zéro, des différences dépassant 3 degrés ; le sol par exemple étant à — 6°, les bulbes n'étaient qu'à — 3° ; quand le sol dégelait, la marche ascendante de la température du tubercule était très rapide, beaucoup plus rapide que celle de la sciure de bois ou de la moelle.

Un effet assez curieux sur la température du sol est celui causé par la pluie ; j'ai constaté des abaissements de 8 degrés en une demi-heure causés par la pluie sur un sol sec à une profondeur de 10 centimètres; dans ce cas les températures des bulbes sur lesquels j'ai expérimenté étaient à peine influencées, et comme cet abaissement est généralement d'assez courte durée, il en résulte qu'il n'agit guère que sur les parties tout à fait extérieures du bulbe.

Une autre influence assez remarquable est celle de la neige : la température de l'air variant de 2 à 7 degrés au-dessous de zéro, la température de la neige mesurée par un thermomètre à minima à 3 centimètres de profondeur n'a jamais été inférieure à $-2^{\circ},5$, celle du sol à $-0^{\circ},5$; celle des bulbes est restée supérieure à $+2^{\circ}$.

On voit donc qu'en général les tubercules ont une température beaucoup moins variable que celle du sol, que leur température est presque toujours sensiblement supérieure à celle du sol, qu'ils se refroidissent très lentement, et se réchauffent très vite, ce qui ne peut s'expliquer que par une production de chaleur dans leur intérieur.

CONCLUSIONS

1° *Morphologie externe.* — Certains tubercules persistent pendant un grand nombre d'années (*Aquilegia vulgaris, Bryonia dioica, Campanula barbata*); en ce cas, les réserves s'y accumulent tous les ans à la fin de la saison, et se détruisent tous les printemps, à la manière des réserves qui s'accumulent ou se détruisent chaque année dans la tige des arbres.

Il existe aussi quelques tubercules, tels que ceux du *Lathyrus tuberosus*, qui mettent plusieurs années pour acquérir leur développement total et qui disparaissent ensuite complètement pour produire une plante nouvelle.

Mais la plupart des tubercules se développent et se détruisent pendant le passage d'une saison à l'autre; on pourrait dire que ce sont des tubercules annuels. C'est surtout pour cette catégorie d'organes souterrains tubérifiés qu'il y a lieu de faire les remarques suivantes.

J'ai dit dans l'introduction ce que Royer a appelé « loi de niveau », à savoir, que pour une plante donnée, dans des conditions extérieures toujours les mêmes, les réserves viennent se former dans le sol à une distance constante de la surface. Les cultures et les expériences que j'ai décrites plus haut vérifient cette loi d'une manière générale. J'ai fait voir en effet que les tubercules d'une plante se maintiennent sous le sol entre deux niveaux déterminés pour des conditions données, et que, si l'on change l'une de ces conditions (humidité, chaleur, etc.), la distance de ces niveaux à la surface du sol n'est plus la même.

Mais il faut bien remarquer que cette loi ne saurait s'appliquer aux tubercules vivaces, et c'est sans doute pour n'avoir pas fait cette distinction que Royer a vu formuler quelques objections importantes à son énoncé.

La manière dont les tubercules s'enfoncent dans le sol pour se placer à un niveau déterminé peut être tout à fait la même chez les plantes les plus différentes. C'est ainsi qu'une Labiée comme le *Stachys tuberifera* et une Cypéracée, comme le *Cyperus esculentus*, se comportent exactement de la même façon en enfonçant certains rameaux du haut en bas dans le sol. Ces rameaux absolument renversés, constituant des tiges à géotropisme positif, se terminent chacun par un renflement tuberculeux qui passe à l'état de vie ralentie.

Au printemps suivant, ces renflements, par leur bourgeon terminal tout au moins, produisent des tiges allongées qui se recourbent, et, douées alors de géotropisme négatif, viennent à la surface du sol et forment les tiges aériennes. L'enfoncement des tiges en sens inverse, avec emmagasinement de réserves à une certaine profondeur dans le sol, se retrouve, comme je l'ai montré, chez un grand nombre d'espèces.

J'ai fait voir aussi que si par une culture forcée en une saison différente de celle où se produit le développement normal, ou si par des changements brusques dans les conditions extérieures, on cherche à obtenir la germination de ces parties souterraines, les tubercules, au lieu de donner hâtivement les tiges aériennes, se déplacent et vont sous une autre apparence se reformer à un niveau différent.

D'autres tubercules produits par les tiges ont, comme on sait, une tendance à se développer horizontalement (plagiotropisme) ou à suivre une direction qui fait avec le plan horizontal un angle à peu près constant. J'ai fait voir, par l'étude de plusieurs de ces derniers tubercules, comment chaque année l'article nouveau formé s'enfonce dans le sol jusqu'à atteindre la même profondeur que l'article de l'année précédente.

2° *Anatomie*. — La morphologie externe ne suffit pas pour déterminer la nature des organes qui constituent un tubercule, et c'est pour s'être bornés à cette description extérieure des parties souterraines que plusieurs auteurs comme Germain de Saint-Pierre et même Royer ont commis d'importantes erreurs.

Ainsi que je l'ai fait remarquer dans l'Introduction, l'anatomie jointe à la morphologie externe ne suffit même pas dans tous les cas; il est alors nécessaire d'étudier la structure du tubercule aux divers stades de son développement.

Les tubercules les plus semblables en apparence peuvent être constitués par des membres de la plante différents. De plus, s'ils ont la même constitution, s'ils sont formés uniquement par la tige, je suppose, les tissus tubérifiés peuvent être de nature très diverse. Ou bien les réserves s'accumulent uniquement dans les formations secondaires (*Apios*) ou presque uniquement dans l'écorce primaire (*Crocus*), ou surtout dans la moelle (*Stachys*), ou encore presque uniquement entre les faisceaux (*Dioscorea*). On pourrait établir ainsi différentes catégories analogues pour les tubercules formés par la racine, etc.

Je me bornerai à donner dans le tableau suivant les divers groupes que j'ai adoptés pour classer les tubercules d'après leur nature morphologique :

I. — Tige.

1. — *Pas ou peu de formations secondaires.*

1° Dicotylédones.

Ex. : *Stachys tuberifera; St. palustris; Oxalis crenata; Begonia erecta*; *Cyclamen europæum, Polygonum viviparum*; *Menyanthes trifoliata.*

2° Monocotylédones.

Ex. : *Cyperus esculentus; Veratrum album; Convallaria maialis; Polygonatum vulgare; Iris germanica; Avena elatior; Dioscorea Batatas; Smilax aspera; Crocus vernus; Gladiolus gandavensis.*

2. — *Développement des formations secondaires.*

Ex. : *Apios tuberosa; Helianthus tuberosus; Scrofularia nodosa; Epilobium Fleischeri.*

II. — Racine.

1. — *Pas ou peu de formations secondaires.*

1° Dicotylédones.

Ex. : *Ranunculus asiaticus*; *Ranunculus monspessulanus*; *Ficaria ranunculoides*.

2° Monocotylédones.

Ex. : *Asphodelus albus*; *Simethis planifolia*; *Asparagus officinalis*.

2. — *Développement des formations secondaires.*

Ex. : *Spiræa Filipendula*; *Campanula barbata*; *Lathyrus tuberosus*; *Dahlia variabilis*; *Scorzonera hispanica*; *Aconitum Napellus*; *Pæonia officinalis*.

III. — Tige et racine.

Ex. : *Aquilegia vulgaris*; *Bryonia dioica*; *Ruta graveolens*; *Gaya simplex*; *Silene acaulis*; *Daucus Carota*; *Beta vulgaris*.

IV. — Feuilles.

Ex. : *Oxalis Deppei*; *Oxalis Acetosella*; *Tulipa*; *Lilium*.

V. — Tige, feuilles et racine.

Ex. : *Anemone coronaria* (germant).

VI. — Fleurs.

Ex. : *Allium carinatum*; *Allium vineale*; *Nothoscordum fragrans*.

De toutes les descriptions anatomiques que j'ai données dans ce travail, il résulte que les tissus vasculaires et fibreux sont pro-

portionnellement beaucoup moins développés dans les parties tubérifiées. On pourrait dire que le nombre relatif de vaisseaux du bois et l'intensité de leur lignification se trouvent en sens inverse de la tubérification de l'organe considéré.

D'autre part, quelle que soit la nature des tissus où les réserves s'accumulent, les cellules qui les constituent sont à parois relativement minces et leur forme est peu allongée dans le sens de l'organe qui contient ces tissus. C'est de la sorte que le bois secondaire, le liber secondaire ou les tissus du péricycle prennent dans les tubercules la même apparence que les tissus de la moelle ou de l'écorce. Ainsi encore s'expliquent certaines erreurs des auteurs relativement à la constitution anatomique des tubercules.

3° *Composition chimique.* — La nature des substances mises en réserve dans les tubercules peut être, comme on sait, assez variée suivant les diverses plantes, et un même tubercule peut mettre en réserve plusieurs substances à la fois.

En général, on peut dire que les tubercules qui passent à l'état de vie très ralentie et qui, comme les graines, peuvent être conservés à l'état sec, contiennent presque uniquement des substances qui ne sont pas directement assimilables. C'est ainsi que la proportion des glucoses est d'autant moins grande que les tubercules sont plus voisins de l'état de vie latente.

L'amidon, l'inuline, les saccharoses, la gelactane, les glucoses, sont les substances les plus fréquemment mises en réserve dans les tubercules. On n'y trouve pas des provisions spéciales de cellulose, comme dans l'albumen de certaines graines, car les parois des cellules de réserve, ainsi que je viens de le dire, sont toujours relativement très minces.

Si l'on étudie les variations de la composition chimique d'un tubercule avec son développement, on voit que, pendant la période de destruction, la proportion des glucoses va toujours en augmentant d'une manière régulière. Elle passe par un *optimum*, puis diminue dans les dernières phases de la destruction du tubercule.

Je ferai remarquer, au sujet de cette destruction, que j'ai observé parfois des Champignons, et toujours des Bactéries, en abondance dans les tubercules en voie de dépérissement. Il n'est donc pas vrai de dire que la plante consomme entièrement par une digestion interne à l'aide de diastases les réserves qu'elle a emmagasinées dans ses tubercules. Une partie notable de ces réserves est toujours perdue pour la plante et consommée par des parasites.

4° *Température.* — D'une manière générale, j'ai trouvé que la température des tubercules est toujours supérieure à celle de la terre qui l'entoure. Ce n'est que lorsqu'un abaissement brusque de température se produit dans la terre, à la suite d'une pluie par exemple, que l'inverse peut avoir lieu accidentellement.

En déterminant, au moyen des aiguilles thermo-électriques et du galvanomètre de Thomson, les différences de température entre un tubercule à l'état de vie très ralentie et un tubercule de la même espèce à divers états de son développement, j'ai observé les variations suivantes : la température du tubercule pendant la période où il se forme est d'abord inférieure à celle du tubercule à l'état de vie très ralentie, du moins dans le petit nombre de résultats que j'ai sur ce point ; pendant la période de destruction du tubercule, cette température relative va au contraire en augmentant, passe par un optimum qui varie suivant les espèces, puis diminue pendant la période de vie active.

Une comparaison des différences de température avec la température que présente un corps inerte analogue tel qu'un morceau de bois ou de la moelle de sureau m'a fait voir que la conductibilité seule ne produit pas ces différences : la mauvaise conductibilité des enveloppes du tubercule (écailles, liège, sclérenchyme) joue certainement un rôle dans le retard d'équilibre entre la température du tubercule et le milieu extérieur, mais la grandeur des différences observées, et surtout les variations avec le développement, ne peuvent s'expliquer que par un dégagement de chaleur produit par le végétal.

On voit donc que, par la mauvaise conductibilité de leurs

parties périphériques et par le dégagement de chaleur qu'ils produisent, les tubercules, placés en général à une certaine profondeur dans le sol, peuvent résister dans des limites étendues aux variations de la température extérieure.

5° *Poids sec.* — Le rapport du poids sec des tubercules à leur poids frais est très variable non seulement avec les espèces, mais encore suivant la période de développement que l'on considère chez une même plante.

La proportion d'eau des tubercules peut surpasser celle des parties aériennes et atteindre jusqu'à 92 pour 100 (*Dahlia*) ou au contraire s'abaisser jusqu'à être comparable à la proportion d'eau contenue dans les graines, par exemple 12,7 pour 100 (*Cyperus esculentus*). Mais dans presque tous les cas cette proportion d'eau diminue pendant la formation des tubercules et augmente pendant leur germination, passant par un minimum qui correspond le plus souvent à l'état de vie ralentie.

Si l'on considère maintenant la variation des poids secs comparés entre eux, indépendamment de la proportion d'eau, on constate que le poids sec d'un tubercule (rapporté à un gramme du tubercule à l'état de vie ralentie) passe par un maximum qui coïncide, en général, avec la période de son développement où il est le plus voisin de la vie latente.

Ce travail a été fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne, sous la direction de M. le professeur Gaston Bonnier, qui a mis à ma disposition tout ce qui est nécessaire pour mes recherches; je suis heureux de lui adresser ici tous mes remerciements pour les conseils qu'il a bien voulu me donner.

EXPLICATION DES PLANCHES 19, 20, 21 et 22.

(Phototypographies directes sur cuivre)

Planche 19.

Fig. 1. — Coupe transversale de la partie tubérifiée d'une racine de *Spiræa filipendula*, correspondant au trait P de la figure 46.

Fig. 2. — Coupe transversale d'une racine charnue de *Menyanthes trifoliata*, montrant le cylindre central lignifié et le parenchyme lacuneux de l'écorce.

Planche 20.

Fig. 3. — Coupe transversale d'une partie du rhizome de *Menyanthes trifoliata*, montrant le parenchyme de la moelle (à droite vers le bas), ayant des acunes comme celui de l'écorce (à gauche vers le haut).

Fig. 4. — Coupe transversale faite au nœud d'un rhizome tubérifié d'*Avena elatior*, montrant les faisceaux libéro-ligneux, coupés presque transversalement vers le bord de la tige (en haut de la figure), et obliquement dans la partie médiane.

Planche double (21 et 22).

Appareil pour mesurer la température des tubercules. — On voit, à droite, le galvanomètre de Thomson relié par des fils conducteurs aux aiguilles thermo-électriques. Celles-ci (vers la gauche de la figure) sont implantées dans deux tubercules de Tulipes à des états différents de leur développement. Vers le milieu de la figure on voit la règle graduée, en corne, sur laquelle vient se projeter l'image d'une lumière réfléchie par le miroir du galvanomètre.

OBSERVATIONS

SUR LES RENONCULACÉES

DE LA FLORE DE FRANCE

Par M. Gaston BONNIER

(Fin)

Au sujet de la structure des feuilles des Renoncules et en particulier du pétiole, signalons les différences que l'on peut trouver chez divers échantillons de la même espèce, ce qui montre quelles difficultés l'on a rencontrées lorsqu'on a voulu se servir de cette structure comme caractéristique des espèces. Un exemple tout à fait frappant est donné par le *R. sceleratus*. Supposons que l'on compare la feuille que représente la figure 116 (qui provient d'un échantillon que j'ai récolté à Villers-Cotterets, ayant 2m,10 de hauteur) avec la structure du pétiole de la feuille correspondante d'un échantillon très petit, tel que celui représenté par la figure 115. Ces deux figures sont faites en grandeur naturelle. On trouvera dans la structure du limbe et même dans celle du pétiole des différences considérables. Le nombre des faisceaux et leur forme, la disposition des tissus, tout y est si divers qu'on ne pourrait caractériser l'espèce par rapport aux autres Renoncules voisines.

Fig. 115. -- Échantillon complet et grandeur naturelle de *Ranunculus sceleratus* (Herbier Émile Martin)

3° *Tiges et racines.* — L'un des caractères anatomiques les plus remarquables de toutes les espèces du genre *Ranunculus*, c'est que les racines même les plus âgées et les plus renflées ne présentent pas trace de formations secondaires en dedans du liber.

Dans les tiges aériennes, il en est, en général, de même, ainsi que dans les tiges tuberculeuses. Ce n'est guère que certains

Fig. 116. — Une feuille moyenne d'un échantillon de 2m,20 de *Ranunculus sceleratus*, grandeur naturelle (Herbier de la Sorbonne).

rhizomes (*R. acris*, etc.), qui présentent des formations secondaires libéro-ligneuses peu développées.

Je citerai les exemples suivants, qui serviront de types à cet égard.

Les racines renflées du *R. chærophyllos* peuvent montrer quelle est la structure générale des racines tuberculeuses, où s'accumulent des réserves chez un grand nombre d'espèces de

ce genre. Une coupe transversale (fig. 117) fait voir que toute la provision de nourriture mise en réserve par la plante pour passer d'une saison à l'autre s'emmagasine dans l'écorce primaire qui est extraordinairement développée par rapport au cylindre central (*c*, fig. 117). La coupe de ce cylindre central, examinée à un plus fort grossissement (fig. 118), met en évidence l'absence de formations secondaires. Une particularité très remarquable, déjà signalée mais non encore figurée, peut s'y observer : la moelle est entièrement formée par des fibres lignifiées (*f*, fig. 118) à parois très épaisses. Lorsqu'on suit le développement d'une

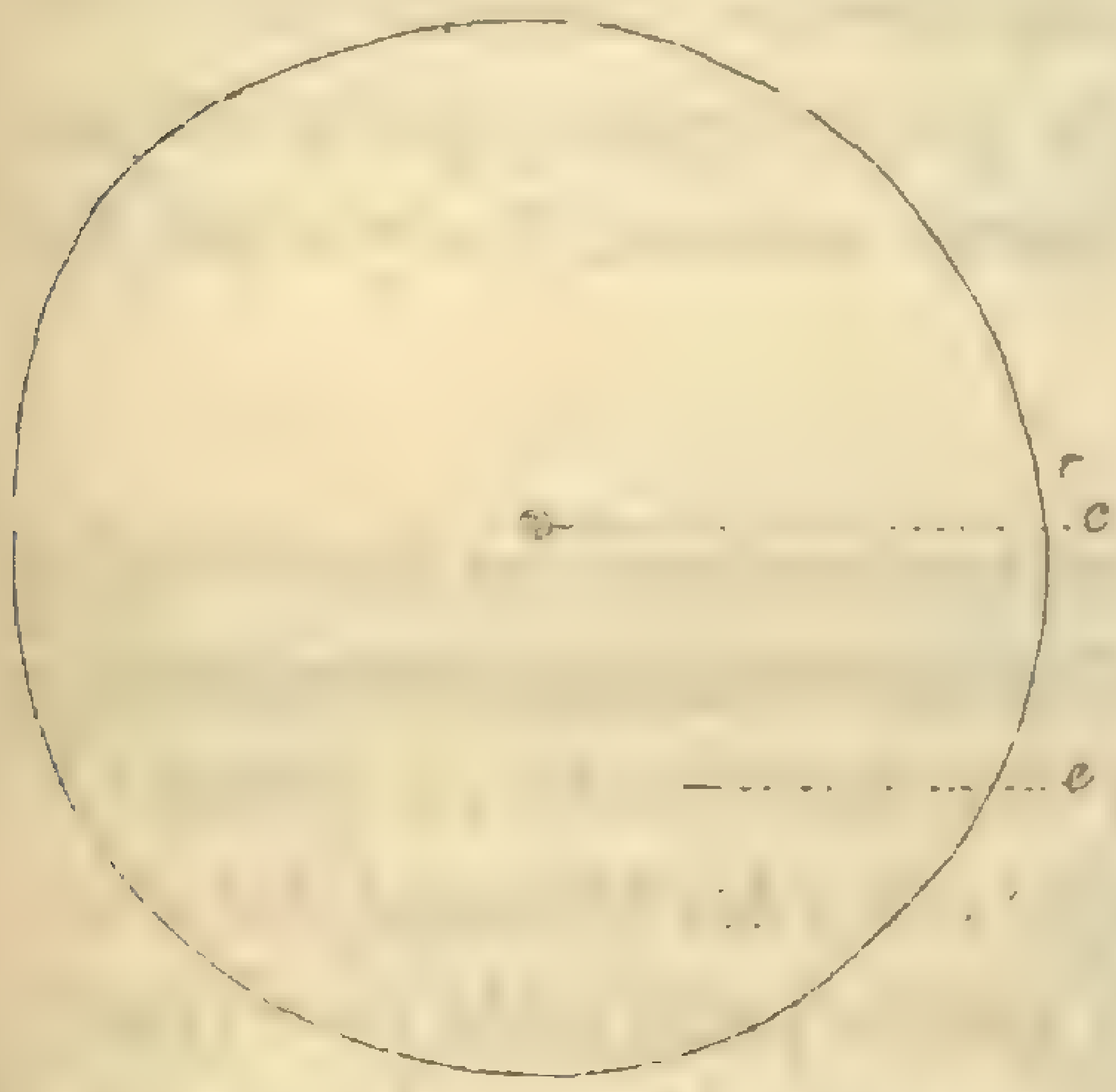


Fig. 117. — Coupe transversale d'une racine renflée de *Ranunculus chærophyllos* montrant le cylindre central *c* très réduit par rapport à l'écorce *e*.

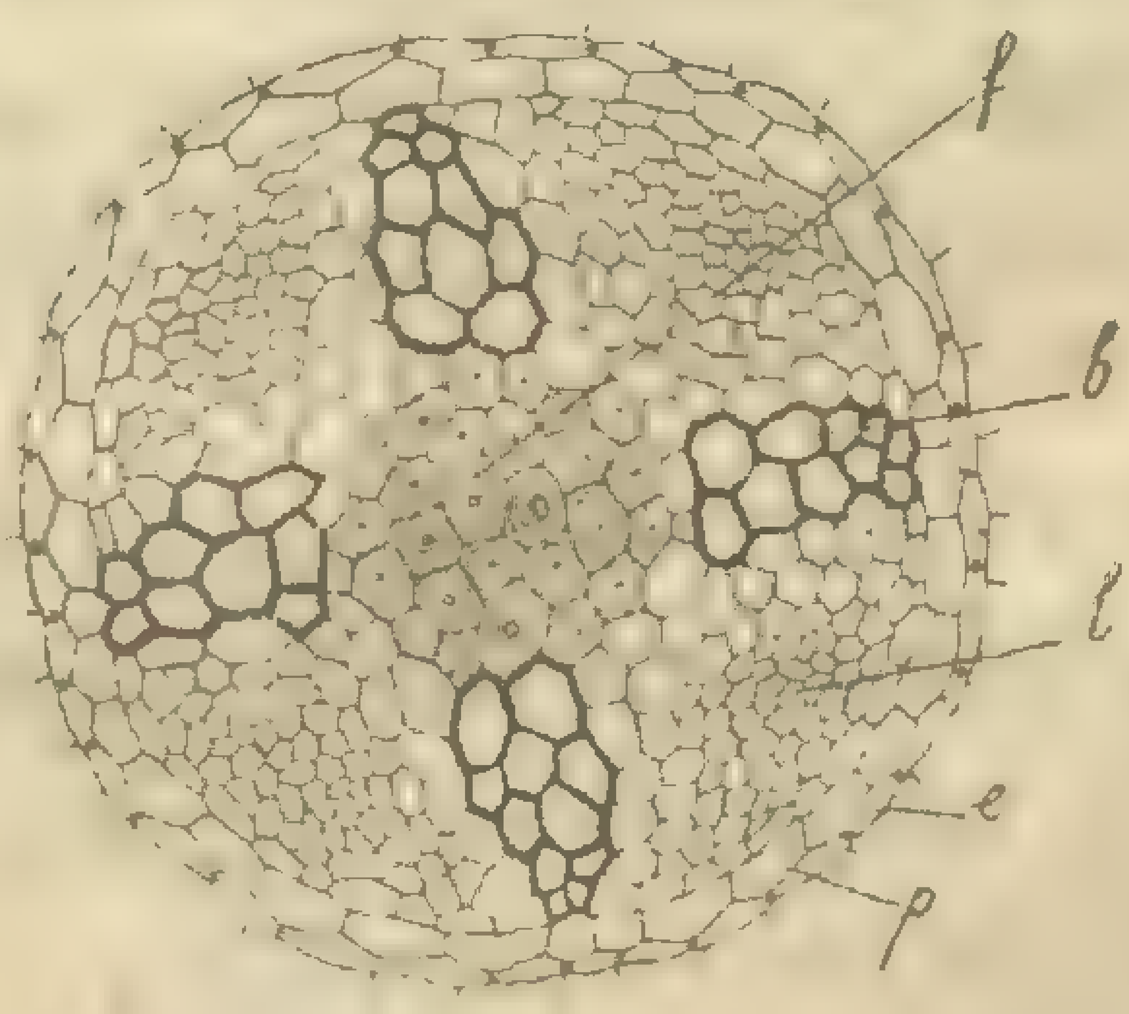


Fig. 118. — Coupe transversale du cylindre central de *Ranunculus chærophyllos*, à un plus fort grossissement *f*, fibres de la moelle ; *b*, bois ; *l*, liber ; *p*, péricycle ; *e*, endoderme.

pareille racine, on voit qu'avant de s'épaissir en tubercule, elle présente la structure primaire ordinaire des racines ; déjà, cependant, on y remarque un allongement plus grand dans le sens de l'axe, chez les cellules de la moelle. Puis, tandis que l'écorce divise et multiplie ses cellules dans tous les sens, le cylindre central se différencie sans s'épaissir, et les cellules de la moelle sont déjà lignifiées avant que les vaisseaux du bois les plus antérieurs n'aient acquis leur lignification définitive. C'est dans la région qui entoure la moelle que les cellules se différencient les dernières. Les racines renflées des *R. monspeliacus*, *R. Thora*, etc., présentent une structure analogue, mais ordinairement avec une moelle sans fibres.

Comme type de structure des tiges épaissies, on peut prendre le prétendu bulbe du *Ranunculus bulbosus*, qui est simplement formé, comme on sait, par l'épaississement de plusieurs entre-nœuds.

La tige aérienne de cette espèce présente des faisceaux alternativement inégaux, disposés, en coupe transversale, sur une circonférence voisine de la surface entourant une moelle considérable. La partie renflée d'un entre-nœud formant le tubercule offre au contraire des faisceaux relativement plus étroits et disposés, en coupe, sur une circonférence placée profondément, presque à égale distance du centre et de l'épiderme. Les substances de réserve s'y accumulent dans tout le parenchyme, qui n'est pas lignifié et dont les cellules sont à parois minces. Il n'y a pas de formations secondaires.

4° *Développement.* — Le caractère anatomique des Renoncules dont je viens de parler, l'absence d'épaississement par des formations secondaires, entraîne chez les espèces de ce genre un mode de développement qui rappelle celui des Monocotylédones.

Ainsi, chez aucun *Ranunculus* la racine principale ne s'épaissit. Il n'y a jamais de racine pivotante prédominante, comme chez les *Adonis* annuels.

C'est donc toujours au moyen de leurs racines adventives que les Renoncules puisent les liquides du sol, et chez les espèces vivaces, ces racines adventives jouent un rôle important dans la perpétuation de la plante.

Lorsqu'on étudie la germination des Renoncules, on voit que non seulement la racine principale, mais aussi l'axe hypocotylé ne se renflent jamais, comme cela a lieu chez un grand nombre d'autres Renonculacées. Irmisch a fait voir, en décrivant la germination du *R. bulbosus,* que ce n'est pas l'axe hypocotylé qui forme le premier tubercule, mais bien les entre-nœuds raccourcis qui se trouvent au-dessus des cotylédons (1).

Ainsi, toute Renoncule, germant au début comme les espèces

(1) Irmisch : *Morphologie der Zwiebel und Knollen Gewächse*, p. 227.

des genres précédents, développe d'abord une racine principale qui reste très grêle, puis un axe hypocotylé un peu moins étroit, mais qui ne s'épaissit pas, allongé (*R. arvensis*) ou court (*R. monspeliacus*), les deux cotylédons ovales, engainants, pétiolés,

Fig. 119. — *Ranunculus monspeliacus* avec ses rejets (d'après nature).

s'étalent et verdissent, et c'est la partie de la plante provenant de la gemmule qui donnera, en général, tout ce qui subsiste du végétal quand la Renoncule fleurit. Chez certaines Renoncules annuelles, il naît des racines à la base de l'axe hypocotylé ou sous les cotylédons; mais souvent aussi plus haut. Dans tous

les cas, la racine, principale toujours extrêmement grêle, finit par disparaître et ne joue aucun rôle important dans le développement.

Pour les espèces vivaces, la plante se perpétue ordinairement par des rameaux spéciaux souterrains (*R. acris*, *R. chærophyllos*) ou même rampants (*R. monspeliacus*). Chez cette dernière espèce, ces rameaux sont de plus en plus nombreux si les circonstances sont favorables. Chaque rejet s'isole par la rupture du rameau grêle qui le porte; le bourgeon qui surmonte la griffe formée par le faisceau de racines adventives renflées donne une tige fleurie et porte à sa base, à l'aisselle d'écailles engainantes, de nouveaux rameaux rampants se terminant par un bourgeon qui porte au-dessus de lui un faisceau de racines adventives renflées où s'accumule une réserve de nourriture (fig. 119). Les choses se passent sensiblement de la même manière chez les *R. chærophyllos* et *R. gramineus*, dont les rejets sont parfois très courts, et chez le *R. Thora*, où ils sont plus courts encore.

D'autres Renoncules vivaces ont un développement analogue, mais les réserves s'y accumulent dans les tiges et non dans les racines adventives. Le type de ce genre de développement est présenté par le *R. acris* dont le rhizome se bifurque en sympode et peut subsister sous le sol pendant plusieurs années; c'est dans ces rhizomes à articles successifs plurannuels qu'on trouve des tissus secondaires peu développés entre le bois et le liber.

La forme *R. Aleæ Willk.* qu'on peut rattacher au *R. bulbosus* présente un intermédiaire entre les deux cas extrêmes : les réserves s'y emmagasinent à la fois dans les entre-nœuds inférieurs moins renflés que ceux du *R. bulbosus* et dans les racines adventives moins renflées que celles du *R. chærophyllos*.

2. — *Distribution géographique.*

R. hederaceus L. — Cette espèce manque d'une manière générale dans la région méditerranéenne : elle n'a été signalée que dans une localité de l'Hérault. Quoique, presque partout.

cette plante préfère les sols où le calcaire est peu abondant, on la trouve néanmoins çà et là dans des ruisseaux des contrées calcaires, surtout dans l'Ouest.

R. tripartitus DC. — Cette plante occidentale semble augmenter l'extension de son aire vers le Midi, surtout par les plaines des Pyrénées ; elle est maintenant très commune dans les ruisseaux qui se versent dans les cours d'eau du Gers, dans les landes du plateau de Lannemezan (Hautes-Pyrénées) et dans beaucoup de ruisseaux et de mares des contrées voisines.

R. divaricatus Schrank. — Cette espèce indiquée dans la Flore de Grenier et Godron, comme commune dans toute la France, manque dans la région méditerranéenne, ainsi que dans presque toute la région alpine des Vosges, du Jura, des Alpes, des Pyrénées et du plateau central. Elle est d'ailleurs rare dans le Dauphiné, très rare dans l'Aveyron (C.), dans le Cantal, où on ne l'a trouvée que dans une seule localité; assez rare dans la vallée de la Saône, etc.

R. fluitans L. — Quoique plus uniformément répandue que la précédente, cette plante demeure peu fréquente dans le Sud-Est et dans la région méditerranéenne, ainsi qu'en certaines autres contrées, comme le Lot, où elle est rare (M.), et la Haute-Vienne, où elle n'a pas été signalée.

R. hybridus Biria. — Godron dit, dans la « Flore de France », que ce *Ranunculus* n'a pas encore été trouvé en France. MM. d'Aymeric l'ont récolté dans les Pyrénées aux environs d'Ax sur les éboulis du roc d'Escaramus, dans le vallon de l'Ourza (à 1 750 m. d'altitude). Depuis que cette découverte a été publiée par Timbal-Lagrave (1), MM. d'Aymeric ont trouvé non loin de l'endroit où ils avaient récolté le *R. hybridus*, les *R. Thora* et *R. auricomus*, d'où ils pensent, avec Biria,

(1) Bulletin mensuel de la Soc. franç. de Botanique, t. VI, n° 62, août 1887, p. 213 et 215.

que l'espèce en question serait un hybride de ces deux dernières plantes.

R. aconitifolius L. et *R. platanifolius* L. — Ces espèces, qu'on rattache souvent au même type, ont, suivant les groupes de montagnes, une distribution en altitude assez variable. Dans les Alpes, on trouve ordinairement le *R. aconitifolius* à une altitude plus élevée que le *R. platanifolius*. Dans les Pyrénées, au contraire, ce dernier, qui ne dépasse guère la région subalpine dans le Dauphiné, s'élève souvent au-dessus de la limite des forêts.

Inversement, le *R. aconitifolius* descend jusqu'à 600 mètres dans les environs de Thiers, en Auvergne ; la plante y atteint 2 à 3 décimètres de hauteur et fleurit en mai, tandis qu'elle fleurit en juillet dans la région alpine (Arb.).

R. pyrenæus L. — Cette Renoncule est remarquable par la très courte durée de ses parties aériennes qui se développent aussitôt après la fonte des neiges et se flétrissent très rapidement.

R. gramineus L. — La var. *bulbosus Timb. et Gaut.*, dont la tige a ses entre-nœuds inférieurs renflés, se trouve en Provence à Sainte-Victoire, Bouches-du-Rhône (Br.).

R. Flammula L. — Indiquée comme étant dans les endroits humides de toute la France, cette espèce est très peu commune en Provence, où elle n'est guère connue que près de Martigues (Bouches-du-Rhône).

R. Lingua L. — Dans le midi de la France, où cette espèce n'est pas citée d'une manière générale, on peut mentionner quelques points où elle se trouve : les marais de la Crau (Br.), le Lot, où elle est rare (M.), l'Aveyron, où elle est très rare (C.).

R. montanus Willd. — Cette plante est à signaler comme

nouvelle pour la Flore d'Auvergne, où on la trouve sur les pentes du Plomb du Cantal, du Cantalon et du Puy-Mary (H.). La var. *gracilis Vallot* (*R. gracilis Schleich*), se trouve çà et là en Savoie (Gav.).

R. breyninus Crantz — *R. Villarsii Koch*, G.G. (non DC.). — M. Hervier, qui propose, d'après M. Freyn, de rétablir le nom le plus ancien pour cette espèce de Renoncule, si on la considère comme type, en signale « une variété à feuilles incisées, den-

Fig. 120. — Une des feuilles de la base de la variété à feuilles profondément divisées de *Ranunculus breyninus* (d'après M. Hervier).

tées, qui a été observée sur des échantillons venant de la montagne des Muntis dans la région de Tende. » La figure 120 représente une des feuilles de la base caractéristiques de cette forme nouvelle.

Rappelons, à ce propos, que le *R. Villarsii DC.* est synonyme du *R. aduncus G.G.*

R. lanuginosus L. — Cette espèce, signalée par erreur par Delarbre, en Auvergne (Mlz.), se trouve dans la région subalpine de Savoie, comme dans le Jura, les Alpes du Dauphiné et les Pyrénées.

R. repens L. — Peu commun en Provence.

R. monspeliacus L. — Les différentes formes qu'on peut rapporter à ce type se trouvent sur les terrains siliceux et sur les terrains calcaires. C'est particulièrement sur les basses montagnes de la région méditerranéenne qu'on rencontre le *R. monspeliacus*. En Provence, il est presque cantonné entre 400 mètres et 800 mètres d'altitude. Il manque sur les crêtes (Br.).

R. philonotis Retz. — Assez rare en Provence.

R. lateriflorus DC. — Cette curieuse espèce est à signaler dans les mares de Roquehaute, près d'Agde, où elle est très abondante (F. et B.), et à Saint-Christophe (Haute-Loire) dans les fossés humides, où elle a été découverte par l'abbé Boissonnade (H.).

R. nodiflorus L. — L'aire de ce *Ranunculus*, en France, est plus étendue qu'on ne le croyait autrefois. On l'a trouvé en 1885 à Murasson, canton de Belmont (Aveyron), dans une mare au milieu des schistes ardoisiers, où la plante n'atteint guère que 4 à 8 centimètres (C.). Elle existe en Savoie, près le lac du Bourget (Huguenin), et je l'ai trouvée aux environs de Veynes (Hautes-Alpes) avant M. Reverchon.

R. muricatus L. — Godron l'indique par erreur en Auvergne (H.).

R. sceleratus L. — J'ai déjà signalé plus haut le remarquable polymorphisme de cette espèce (fig. 115 et 116); des échantillons extrêmement différents s'observent aussi dans la Loire (Herv.). — Cette espèce est plus répandue en France qu'on ne l'indique dans les Flores en général. On la trouve dans les fossés de la région basse de l'Hérault (F. et B.). Toutefois, en certaines contrées, elle n'a jamais été signalée : Cantal (Mlz.), Haute-Vienne (M.), etc.

FICARIA.

1. — *Morphologie et structure.*

Au point de vue de la structure, les Ficaires se rapprochent tout à fait des Renoncules. On y observe, aussi bien dans leurs racines que dans leurs tiges, l'absence de formations secondaires. Dans les racines renflées, la provision de nourriture s'accumule dans l'écorce primaire. M. Van Tieghem a décrit cette structure et a étudié les bulbilles qui contribuent à perpétuer cette espèce (1).

2. — *Distribution.*

F. ranunculoides Mœnch et *F. calthæfolia Rchb.* — Le *F. calthæfolia* n'est qu'une forme de *F. ranunculoides*, et l'on trouve tous les intermédiaires entre les deux plantes (A. P.; E. M.).

La forme *F. calthæfolia* abonde aux environs de Montpellier (F. et B.) et est plus commune que le *F. ranunculoides* type, aux environs de Carcassonne (Bai.) (2).

CALTHA.

1. — *Morphologie et structure.*

Le genre *Caltha* peut être considéré à certains égards, comme intermédiaire entre la première et la seconde série des Renonculacées.

Au point de vue du pistil, par exemple, les carpelles sont constitués comme chez les Hellébores, mais ils sont plus nombreux et disposés parfois sur plusieurs rangs. Il n'est pas rare, ainsi que j'ai eu l'occasion de le remarquer maintes fois, dans le

(1) Voyez Van Tieghem (Ann. sc. nat.; Bot.; 5e série, t. V, p. 88).
(2) Voyez Irmisch : *Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de Halle*, 1854.

Dauphiné et dans l'Eure, de trouver des fleurs de *Caltha* dont les carpelles ne s'ouvrent pas et qui ne renferment que deux ovules ou même qu'un seul ovule.

La germination du *Caltha* rappelle un peu celle des Renoncules : il se produit des racines adventives à la base de l'axe hypocotylé ; puis, sur les entre-nœuds supérieurs, les racines deviennent de plus en plus nombreuses. Le bourgeon terminant la tige qui deviendra florifère est formé par des feuilles réduites à leurs gaines. Ces gaines cylindriques, dépassant beaucoup la tige, sont déchirées au printemps, et on en trouve les traces au-dessus des pétioles des feuilles.

Au point de vue anatomique, ce genre est aussi intermédiaire entre les genres *Ranunculus* et *Helleborus*. Il présente dans les faisceaux de la tige aérienne un début de formations secondaires libéro-ligneuses.

2. — *Distribution.*

Caltha palustris L. — Cette espèce manque dans certaines régions méridionales, les Bouches-du-Rhône par exemple.

TROLLIUS.

1. — *Morphologie et structure.*

J'ai observé chez certains exemplaires de *Trollius europæus*, récoltés près d'Huez (Isère), tous les intermédiaires entre les sépales, les pétales, les étamines et les carpelles ; en particulier, on pouvait y remarquer des étamines dont le filet était légèrement en cornet à la base, portant des ovules sur les côtés et terminés par une anthère.

La germination et le développement des *Trollius* sont très analogues à ceux du *Caltha*.

Les formations secondaires du rhizome sont plus accentuées chez cette espèce que dans le *Caltha palustris*.

2. — *Distribution.*

Trollius europæus. — Cette espèce, qui est répandue sur les montagnes siliceuses et calcaires des Alpes de 500 à 1800^{m} d'altitude environ, est parfois cantonnée sur certains terrains dans d'autres régions. Il est curieux de la voir localisée sur les monts basaltiques dans l'Aveyron (C.).

ERANTHIS.

1. — *Morphologie et structure.*

Cette plante s'éloigne déjà des précédentes par son rhizome renflé, dont la structure est différente ; on y voit en effet des formations secondaires très bien caractérisées et beaucoup plus précoces que chez les rhizomes des Renoncules ou du *Caltha.*

2. — *Distribution.*

Eranthis hyemalis Salisb. — Sauf dans les régions montagneuses, cette espèce semble seulement naturalisée çà et là : souvent, des localités où elle était abondante pendant de nombreuses années n'en présentent plus trace, tandis qu'elle apparaît, au contraire, sur d'autres points. C'est ainsi que cette espèce a disparu de la Sarthe, où on l'observait autrefois (Ch.); elle a apparu dans la forêt de Dreux, où on ne la retrouve plus maintenant, etc.

ELLHEBORUS.

1. — *Morphologie et structure.*

Les fleurs des Hellébores présentent assez souvent des ano-

malies intéressantes. J'ai eu l'occasion de décrire l'une des plus fréquentes chez l'*H. fœtidus* (1), qui fait voir qu'en réalité les sacs polliniques doivent être considérés comme portés sur la face inférieure de la feuille staminale. J'ai trouvé dans les Hautes-Pyrénées des fleurs anormales d'*H. viridis* qui présentaient également tous les intermédiaires entre les étamines et les carpelles.

Les Hellébores ne sont pas tous indéfiniment vivaces, ainsi que Royer l'a fait remarquer à propos de l'*H. fœtidus*. C'est ainsi que cette espèce, ainsi que l'*H. viridis*, ne paraissent pas vivre en général plus de dix ans. Il n'en est pas de même de l'*H. niger*.

Comme M. Marié l'a observé (2), au point de vue anatomique, et comme pouvait le faire prévoir la morphologie extérieure, l'*H. fœtidus* et l'*H. lividus* diffèrent beaucoup des deux autres espèces françaises. La tige aérienne persiste pendant trois à huit années et épaissit régulièrement son cylindre central par des formations libéro-ligneuses secondaires ; il n'en est pas de même chez les tiges aériennes des *H. niger* et *H. viridis*.

2. — *Distribution.*

H. viridis L. — On trouvera dans un article de M. Masclef des renseignements sur les diverses formes de cette espèce et sur leur distribution géographique (3). Je me bornerai à citer les Cévennes comme habitat de cette espèce, où on l'y trouve peu abondante, à partir de 1000 mètres d'altitude (F. et B.).

H. fœtidus L. — Cette espèce est ordinairement considérée comme exclusivement calcicole. Toutefois, on l'observe sur le granite et les schistes ardoisiers, dans les Ardennes (Baz). Je l'ai trouvée avec le *Sarothamnus scoparius* sur des terrains complètement dépourvus de carbonate de chaux, dans la vallée

(1) G. Bonnier : *Observations sur la situation des sacs polliniques chez l'Helleborus fœtidus* (Bull. Soc. bot. de France, 1879).

(2) *Structure des Renonculacées*, p. 93 et suiv.

(3) **Revue générale de Botanique**, 1, 1889, p. 597.

d'Aulon (Hautes-Pyrénées). Cette plante est rare dans les Bouches-du-Rhône (Br.).

ISOPYRUM.

1. — *Morphologie et structure.*

Depuis la germination, l'*Isopyrum thalictroides* produit successivement l'axe hypocotylé, puis sur le rhizome, des couronnes de racines adventives dont la structure est remarquable par la précocité des formations secondaires.

Les formations secondaires s'observent aussi dans le rhizome de l'*Isopyrum*, où elles sont infiniment plus nettes que chez les rhizomes grêles des Anémones.

2. — *Distribution.*

I. thalictroides L. — Cette plante est naturalisée en certains points. On l'observe sur les terrains siliceux dans l'Aveyron (C.) et sur les terrains calcaires en Dauphiné. Quoiqu'elle manque dans la région méditerranéenne, cette espèce s'étend plus vers le midi qu'on ne l'indique ordinairement. On la trouve dans le Cantal près d'Aurillac (Mlz.) ; on l'observe, quoique rare, dans le Lot et la Haute-Vienne (M.).

GARIDELLA.

Le *Garidella nigellastrum L.* est une Renonculacée annuelle qui, en germant, produit une racine principale à formations secondaires précoces et très développées. L'évolution de cette plante se fait donc à peu près comme celle des Adonis annuels et non comme celle des Renoncules annuelles.

Les localités où on l'observe dans le Midi ne sont pas constantes.

NIGELLA.

Le développement des *Nigella* est analogue à celui des *Garidella.* On peut observer parfois des fleurs monstrueuses de Nigelles à carpelles ouverts portant sur leurs bords des lobules correspondant aux ovules.

N. sativa L. — Cette Nigelle a été signalée par Godron aux environs de Montpellier. On a, en effet, rencontré un échantillon de la plante, il y a cinquante ans, au village de Mauguis, mais on ne l'y a jamais retrouvée depuis (F. et B.).

N. arvensis L. — Indiquée par erreur à Aix en Provence (Br.) par Godron ; indiquée par erreur en Auvergne par Delarbre (Mlz.).

AQUILEGIA.

1. — *Morphologie et structure.*

La germination de l'*A. vulgaris,* la formation du premier tubercule par l'axe hypocotylé et la racine principale ainsi que la structure des tubercules successifs, ont été étudiées par M. Seignette (1).

La multiplication et la perpétuation de cette plante se fait par des bourgeons adventifs nombreux qui donnent une pousse souterraine portant une racine renflée et surmontée d'un nouveau bourgeon.

J'ai observé, dans les Alpes du Dauphiné, les écailles placées entre les étamines et les carpelles de l'*A. alpina* qui donnaient parfois des étamines supplémentaires à filet aplati.

2. — *Distribution.*

A. vulgaris L. — On a quelquefois considéré l'*A. vulgaris*

(1) A. Seignette, *Recherches sur les tubercules* (Revue générale de Botanique, I, 1889, p. 558).

comme étant une espèce calcicole. On la trouve sur des terrains non calcaires : dans les Ardennes et le Morvan (Baz.), dans la Montagne-Noire (Bai.) et dans une région surtout siliceuse, comme la Haute-Vienne (M.); elle se rencontre dans tous les terrains de l'Aveyron (C.). Cette espèce est très rare en Provence. On la cite à Sainte-Victoire et à la Sainte-Baume. — La forme *A. viscosa Gouan* (*non W. et K.*) se trouve dans les Cévennes calcaires, entre 800 et 1100 mètres, où elle est rare (F. et B.).

DELPHINIUM.

1. — *Morphologie et structure.*

La germination et le développement des *Delphinium* rappellent d'une manière générale ce que l'on observe chez les *Adonis*.

Chez les espèces annuelles, la racine principale prend un grand développement et s'épaissit dans des formations secondaires libéro-ligneuses précoces.

Chez les espèces vivaces, telles que le *D. elatum*, le rhizome qui sert à perpétuer l'espèce s'épaissit aussi par des formations secondaires développées, comme chez les *Adonis* vivaces.

On observe assez souvent chez les *Delphinium* des anomalies dans les diverses parties de la fleur ; soit des étamines transformées en pétales, soit des parties de la fleur devenant plus régulières. Je citerai un cas de pélorie presque complète observé sur un *D. elatum* aux environs de Mont-Louis.

2. — *Distribution.*

D. consolida L. — Calcicole dans le Nord de la France (Masc.), cette plante peut se trouver aussi sur les terrains siliceux dans le Sud-Ouest par exemple. Elle est rare dans certaines contrées telles que le Cantal (Mlz.), la Provence, etc. Souvent, elle semble n'être pas indigène et avoir été introduite par des

semences étrangères à la région. C'est ainsi que lorsqu'on l'observe dans les Bouches-du-Rhône, elle se reproduit rarement dans le même champ (Br.).

D. ajacis L. — Se répand beaucoup sur certains points de la France : Sarthe (Ch.), Aveyron (C.), etc.

D. peregrinum L. — A signaler dans la Dordogne à Sarliac (A.).

D. fissum W. et K. — On peut citer quelques localités nouvelles de cette rare espèce, non seulement en Provence (Peyrolles, la Sainte-Baume), mais aussi dans les Alpes-Maritimes près de Bézaudun (Burn.)

ACONITUM.

1. — *Morphologie et structure.*

La germination de nos espèces françaises d'Aconits peut se faire de deux manières différentes. Chez l'*A. Anthora* et chez l'*A. lycoctonum*, c'est l'axe hypocotylé qui se renfle et forme les premiers tubercules, tandis que sa racine principale reste grêle. Chez l'*A. Napellus* et l'*A. paniculatum*, c'est seulement l'extrême base de l'axe hypocotylé qui se renfle en même temps que la racine principale épaissie.

Chez toutes les espèces, les tubercules successifs sont formés par des racines adventives renflées portant un bourgeon au-dessus.

Ces racines présentent des formations secondaires.

Parfois, chez l'*A. Napellus*, on trouve, en France, des racines bifurquées. L'étude du développement fait voir que ces bifurcations sont dues à la concrescence de deux racines adventives voisines et originairement distinctes.

2. — *Distribution.*

A. Anthora L. — Assez répandue, en général, dans les Alpes, cette espèce est très rare dans la Haute-Savoie (Gav.).

A. lycoctonum L. — Cette plante est distribuée en altitude d'une manière assez variable suivant les contrées. Cantonnée à peu près entre 1000 et 1800 mètres d'altitude dans le Cantal (Mlz.), entre 500 et 2300 mètres dans les Alpes du Dauphiné, elle s'abaisse beaucoup plus en Savoie. Presque indifférente à l'altitude, on l'y trouve le long du Rhône au-dessous de Genève. L'*A. lycoctonum* semble aussi indifférente à la nature du terrain. On le rencontre sur le calcaire au mont Salève, sur le terrain quartzeux aux Voisins, sur le terrain granitique au Mont-Blanc, sur le terrain schisteux au grand Saint-Bernard (Gav.). Cette espèce manque dans les montagnes de la basse Provence.

A. Napellus L. — A signaler à Mélinais, Sarthe (Ch.). La forme *laxa* (*A. laxum Rchb.*) se trouve à Concoule dans les Cévennes (B.).

A. paniculatum Lam. — Indiqué à tort au Mont-Dore par Grenier et Godron (Arb.).

ACTÆA.

A. spicata L. — Manque non seulement dans une partie de l'Ouest, comme le dit Godron (1), mais encore dans la région méditerranéenne proprement dite. D'autre part, il faut la citer dans les collines de l'Artois (Masc.), où elle est rare, mais abondante en certains points, dans les Ardennes calcaires (Baz.) et dans les Cévennes, de 900 à 1,200 mètres d'altitude (F. et B.).

(1) *Flore de France*, I, p. 52.

PÆONIA.

Je renvoie pour le développement et la structure des racines adventives renflées au travail de M. Seignette déjà cité (1).

P. corallina Retz. — Cette espèce n'existe pas à Alais, où elle est citée par Sauvage dans la Flore de Greiner et Godron.

Elle ne se trouve probablement ni dans les Cévennes ni en Provence (F. et B.).

P. officinalis Retz. — Cette plante, citée par Garidel dans les montagnes de Provence, ne s'y retrouve plus (Br.). On ne la rencontre pas dans les Cévennes (F. et B.).

La plante du lac de Séguret près d'Embrun est le *P. peregrina Mill., var. eriocarpa* (A. P.).

Il est donc à peu près certain que le *P. officinalis* à l'état spontané ne croît pas en France (2).

(La *Revue générale de botanique* publiera en 1890 la suite des observations sur les plantes de France.)

(1) A. Seignette, *Recherches sur les tubercules* (Revue générale de Botanique, t. I, 1889, p. 560).

(2) *Addition aux observations sur les Renonculacées.* — J'ai reçu de M. Emile Burnat une intéressante note sur la présence de l'*Adonis pyrenaica* dans les Alpes Maritimes. On trouve cette plante en grande abondance au Col des Champs, versant sur Saint-Martin-d'Entrannes, vers 2200 mètres d'altitude.

M. Reverchon l'y avait observée sans fleurs ni fruits, en 1876, M. Richard Potter l'a trouvée en fleurs en 1879 et M. Emile Burnat l'a observée sur place en 1885. Voici ce qu'en dit M. Burnat :

« Les échantillons du Col des Champs diffèrent un peu de ceux que je possède, « nombreux, des Pyrénées, par la pubescence généralement plus accusée de leurs « tiges, feuilles et sépales et surtout par leurs capitules fructifères subglobuleux et « non ovoïdes. Par ces caractères, l'Adonis des Alpes Maritimes se rapproche un « peu de l'*A. distorta Ten.* des Abruzzes qui croît comme lui dans les rocailles, mais « ce dernier est une plante plus basse (10-15 c.), à tiges plus flexueuses et moins « dressées, feuillées jusqu'à la fleur, à feuilles divisées en lanières plus courtes et « plus divariquées ; ses sépales sont plus longs par rapport aux pétales. »

UNE NOUVELLE ESPÈCE DE PSATHYRELLA

Par M. L. DUFOUR

Lorsqu'on va de Miliana à Cherchel, jusqu'au col des Rira, l'on se trouve sur le versant sud du Zaccar; quand on arrive à ce col, on aperçoit le versant nord. Généralement, à l'époque de l'année où j'ai visité ces endroits (octobre et novembre 1888), les pluies n'ont encore été que rares et peu abondantes; aussi les pentes tournées vers le sud, quoique boisées, sont assez desséchées et ne sauraient fournir d'abondantes récoltes de champignons. Les pentes exposées au nord sont dans de meilleures conditions; elles sont plus ombreuses et plus humides; j'y ai toujours herborisé avec plus de profit que sur les premières. C'est dans une de ces stations, située immédiatement au delà du col des Rira que j'ai rencontré le nouveau *Psathyrella* que je vais décrire.

Le chapeau, presque hémisphérique chez les jeunes échantillons (fig. 121, *a*), s'étale bientôt, et il est très *surbaissé* chez les individus adultes *b*. Il a un aspect *brillant*, *soyeux*. A l'état frais il est gris, et cette couleur est, suivant les échantillons, tantôt plus foncée au centre, tantôt au contraire plus foncée au sommet; cette couleur devient uniforme quand le chapeau se dessèche. Le chapeau est *lisse*, même sur ses bords, qui, dans les échantillons âgés, se déchirent par des sillons radiaux plus ou moins profonds. Le diamètre du chapeau est d'environ 3 centimètres pour les plus grands individus.

Les lames sont d'abord d'un gris roux, puis deviennent presque noires; elles sont *peu serrées* et adnées (*c*).

Le pied est blanc jaunâtre, pâle, fibreux, creusé à son centre d'un canal longitudinal, légèrement strié, grêle, un peu plus épais à son sommet. Il peut atteindre jusqu'à 12 et 14 centimètres de longueur.

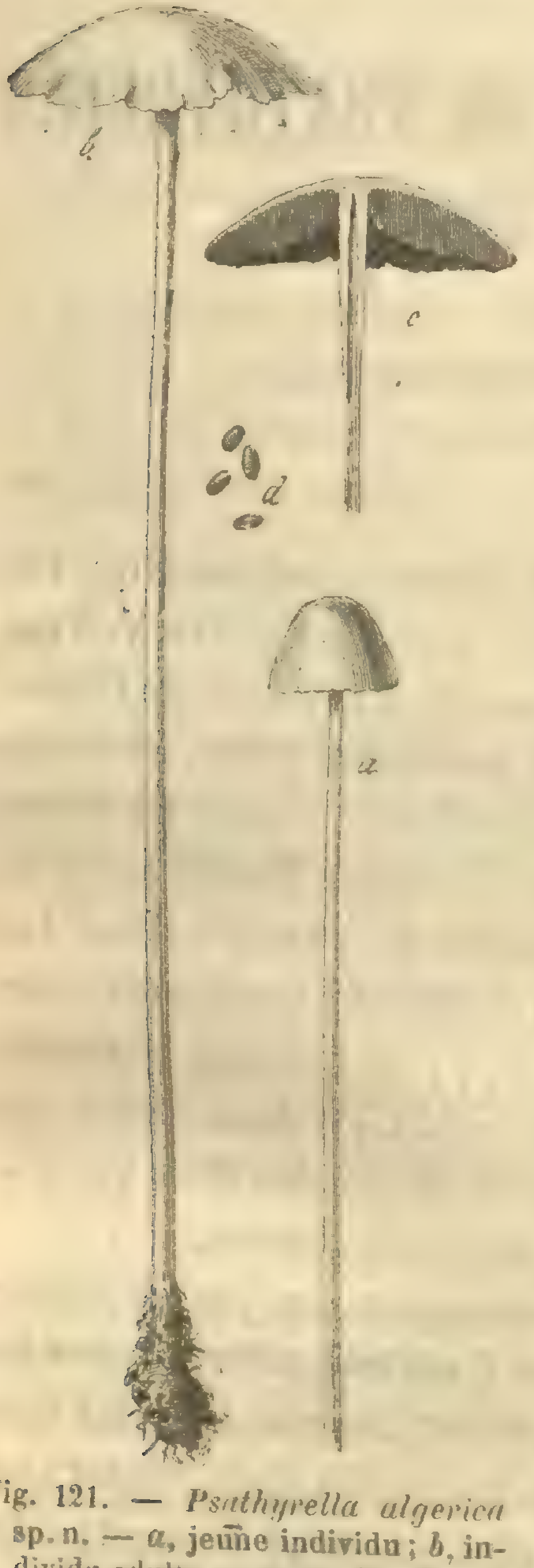


Fig. 121. — *Psathyrella algerica* sp. n. — *a*, jeune individu ; *b*, individu adulte ; *c*, coupe longitudinale ; *d*, spores ; *a*, *b*, *c*, grandeur naturelle.

Les spores sont noirâtres, elliptiques, environ deux fois plus longues que larges ; dimensions 10 μ,5 à 15 sur 5 à 7 (*d*).

Je désigne cette espèce par le nom de *Psathyrella algerica*. Elle est voisine du *Psathyrella subatrata*. D'après la taille, Fries distingue dans cette espèce trois variétés ; c'est de la plus grande que le *Psathyrella algerica* se rapproche le plus ; le pied a sensiblement même taille et même couleur, les spores les mêmes dimensions ; l'habitat est le même. Mais il y a quelques différences : dans le *P. subatrata*, le chapeau est toujours élevé, conique, brun foncé ; les lames sont serrées. Dans l'espèce actuelle, au contraire, le chapeau est surbaissé, d'un gris brillant très particulier, et les lames sont peu serrées.

Ce champignon pousse à terre au milieu de l'herbe, dans les endroits fréquentés par le bétail. Comme je l'ai dit plus haut, je l'ai rencontré pour la première fois au col des Rira le 24 septembre 1888 ; il était assez abondant ; depuis je l'ai retrouvé à plusieurs reprises dans les environs de Miliana, dans des endroits herbeux, ombragés, frais.

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LES BACTÉRIES ET LES FERMENTATIONS

PUBLIÉS EN 1888

Les travaux de bactériologie vont se multipliant de jour en jour. Laissant de côté ceux qui sont spécialement du domaine médical, nous nous arrêterons de préférence à ceux qui sont instructifs au point de vue de l'histoire naturelle des micro-organismes.

Le grand problème de l'origine et de l'autonomie des espèces parmi les bactéries a suscité d'importants travaux.

Dans un livre posthume intitulé *Das Protoplasma als Fermentorganismus* (1), M. Wigand reprend pour son compte en la modifiant peu la théorie de M. Béchamp, d'après laquelle les éléments de la matière vivante sont capables, dans certaines circonstances, d'évoluer en formes vivantes individualisées, c'est-à-dire en bactéries. Il donne à cette transformation de la matière organisée le nom « d'anamorphose du protoplasma ». Il cite à l'appui de cette hypothèse de nombreuses observations où il a rencontré, à l'intérieur des éléments anatomiques végétaux ou animaux, des bactéries bien caractérisées alors que tout autour de ces éléments on n'en apercevait pas une seule; ou bien il observait la putréfaction avant l'apparition des bactéries. Dans la putréfaction des muscles il observe des débris de muscles qui ont exactement le même aspect que des bactéries. Tous ces arguments tombent devant les nombreuses expériences de M. Pasteur et de ses élèves, dans lesquelles des tissus animaux ou végétaux, du sang, du lait, n'ayant subi aucune modification, mais recueillis par des procédés qui excluent tout ensemencement venu du dehors, peuvent être placés dans les conditions les plus favorables à la putréfaction sans jamais se peupler d'aucun organisme vivant. En somme, on peut dire que ce livre est en retard de plus de dix ans, car il n'apporte aucun argument nouveau.

Ce fait de l'absence de tout micro-organisme à l'intérieur des tissus sains des animaux ou des végétaux, fait si gênant pour certaines théories, n'est pas accepté encore par tous les savants. A chaque instant surgissent de nouvelles contradictions, qui reposent sur des expériences nouvelles, et donnent lieu à de nouvelles expériences de réfutation. Il ne faut pas trop regretter cette lutte d'idées, car les expériences qu'elle provoque présentent par elles-mêmes un grand intérêt.

(1) *Le protoplasma comme organisme-ferment*, par A. Wigand, terminé après la mort de l'auteur et publié par E. Dennert. Marburg. 1888.

M. Chamberland (1) avait démontré que les graines de haricot, extraites de leur gousse avec toutes les précautions nécessaires et plongées dans de l'eau stérilisée à l'intérieur de vases purs, se conservent indéfiniment sans que l'eau qui les baigne soit envahie par les bactéries.

Quelque décisive que paraisse cette expérience, plusieurs savants persistent à croire à la présence des bactéries à l'intérieur des tissus végétaux. En 1887, M. Galippe obtint des cultures de bactéries en déposant comme semences, dans des milieux nutritifs convenables, des fragments de végétaux divers. En 1888, M. Bernheim (2) constate que des grains de maïs et de diverses céréales, après avoir été stérilisés par un lavage au sublimé corrosif et un lavage à l'eau stérilisée suivi d'un flambage dans un bec Bunsen, semés par petits fragments dans la gélatine nutritive, la peuplent de divers organismes microscopiques, bacilles, microcoques et même levûres. Il admet donc que ces végétaux contiennent normalement des bactéries parasitaires, et en attribue l'origine à la pénétration des bactèries du sol à travers les tissus : il prête même à ces bactéries un rôle utile dans la germination.

Ces expériences étaient réfutées d'avance par celles de M. Chamberland, ainsi que par des expériences plus récentes de M. Duclaux sur le même sujet (3), expériences où des graines stérilisées à la surface, puis déposées dans un sol stérilisé lui-même au point de vue des bactéries, ont germé et se sont développées sans qu'à aucun moment on ait pu voir d'êtres microscopiques ni à l'intérieur ni à l'extérieur des graines.

La cause d'erreur des expériences de M. Bernheim est évidente : ses graines n'étaient pas véritablement stérilisées à la surface. Cette stérilisation est souvent extrêmement difficile à réaliser; aucun contrôle n'attestait le succès de cette opération préliminaire dans les expériences de M. Bernheim.

Quant aux expériences de M. Galippe, elles portaient sur des tissus très différents de ceux qu'avaient étudiés M. Chamberland et M. Duclaux. Un autre disciple de l'école Pasteur, M. A. Fernbach (4) se mit en devoir de les répéter en évitant le plus parfaitement possible les chances de contamination par l'extérieur. Ces expériences sont très délicates quand il s'agit de parties qui ne sont pas, comme les graines de M. Chamberland, logées normalement dans des cavités closes, sèches et faciles à ouvrir. Il s'agit maintenant de fragments de tomates, de navets, de carottes, de betteraves et de pommes de terre. Avec un emporte-pièce stérilisé, M. Fernbach découpe à l'intérieur de la plante un cylindre de tissu végétal qu'il pousse peu à peu au dehors; au moment de la sortie du cylindre, avec un scalpel flambé il en détache de petits fragments qu'il laisse tomber dans des vases contenant des liquides nutritifs stérilisés. Quand il s'agit de la tomate, il en aspire la

(1) Chamberland : *Recherches sur l'origine et le développement des organismes microscopiques*. Thèse pour le doctorat, 1879, p. 35.

(2) H. Bernheim : *Les bactéries parasitaires des céréales*. Münch. med. Wochenschr. 1888, p. 743 et p. 767.

(3) Duclaux : Sur la germination dans un sol riche en matières organiques, mais exempt de microbes (C. R., 1885, t. C, p. 66).

(4) A. Fernbach : De l'absence des microbes dans les tissus végétaux. Ann. de l'Inst. Pasteur, t. II, p. 567.

pulpe au moyen d'une pipette stérilisée. Sur 555 ensemencements pratiqués ainsi avec des fragments empruntés à 98 échantillons des végétaux que nous avons nommés, 35 seulement se sont montrés féconds. La proportion est de 6,3 p. 100, proportion bien minime, et qui s'explique surtout par l'introduction des poussières de l'air pendant les manipulations. En effet, quand on emplit simplement des matras de liquide nutritif sans y déposer aucune semence, il y en a toujours quelques-uns qui se peuplent.

Des expériences semblables ont été exécutées à Naples par M. A. di Vestea (1). Elles ont donné des résultats semblables. Il est à remarquer que dans ces expériences les tissus empruntés aux plantes fraîches se sont montrés stériles, tandis que ceux empruntés à des plantes achetées au marché se sont montrés féconds. Cette différence provient sans doute de ce que le voyage avait déchiré l'épiderme de ces dernières plantes.

Continuons donc à croire que les tissus sains, chez les végétaux comme chez les animaux, ne contiennent pas d'organismes parasitaires. Cette croyance est justifiée par l'expérimentation directe ; elle est justifiée aussi par les bienfaisantes applications de la bactériologie à la médecine et à la chirurgie, applications qui reposent toutes sur cette idée fondamentale, point de départ des brillants travaux de M. Pasteur.

M. Winogradsky (2) publie un important travail sur les bactéries sulfuraires ou « sulfobactéries ». C'est la suite des recherches dont il avait donné les premiers résultats dans la *Botanische Zeitung* en 1887. Ce groupe des bactéries sulfuraires n'est nullement, dans la pensée de l'auteur, un groupe naturel ; ce n'est qu'un groupe physiologique où sont rassemblés des organismes dont plusieurs n'ont entre eux que des affinités d'habitat. Ces organismes sont très nombreux et d'aspect très varié. Depuis longtemps, ils ont attiré l'attention par les grains opaques et brillants qu'ils contiennent, lesquels sont des grains de soufre, et aussi, pour certaines espèces, par une coloration tantôt rose, tantôt rouge ou violette. Mais ils ne sont que peu connus, au point de vue de leur place dans la classification et au point de vue de l'histoire de leur développement. C'est à ce dernier point de vue que s'est surtout placé l'auteur. Il s'est particulièrement appliqué à rechercher dans quelle mesure existe réellement le pléomorphisme qui a été attribué à ces organismes et aux bactéries en général. Est-il possible, comme l'admet M. Cohn, de distinguer parmi les bactéries des genres et des espèces caractérisés d'après leur forme, ou ne faut-il, avec M. Nägeli et son école, admettre qu'un seul être revêtant, suivant les circonstances, diverses formes, et remplissant diverses fonctions physiologiques ? Voilà la grande question générale dont la solution a été le but des recherches de M. Winogradsky.

La première condition à remplir pour aborder cette étude était de fournir à chaque organisme les moyens de se développer, sous les yeux de l'observateur, d'une manière aussi parfaite que dans son habitat naturel, et,

(1) A. di Vestea : De l'absence des microbes dans les tissus végétaux. Ann. de l'Inst. Pasteur, II, 670.

(2) S. Winogradsky : *Beiträge zur Morphologie u. Physiologie der Bacterien* : Heft I. *Zur Morphologie u. Physiologie der Schwefelbacterien*. Leipzig, 1888.

s'il était possible, à l'état pur. L'auteur a donc recherché les besoins physiologiques de ces bactéries. Il a trouvé qu'elles ne peuvent pas vivre sans emmagasiner du soufre à l'intérieur de leurs cellules. Elles ne peuvent se procurer ce soufre que par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré, en sorte que ce dernier composé leur est indispensable. Ont-elles de l'hydrogène sulfuré à leur disposition, elles lui font subir un premier degré d'oxydation qui met du soufre en liberté, puis dans un second degré d'oxydation elles transforment ce soufre en acide sulfurique, lequel est éliminé à l'état de sulfate, principalement de sulfate de chaux. L'hydrogène sulfuré vient-il à faire défaut, la bactérie, paralysée dans ses fonctions vitales, ne tarde pas à périr. Pour tout le reste ces organismes se montrent très peu exigeants : il leur suffit de traces de matières organiques nutritives qui seraient insuffisantes pour la plupart des autres espèces. Un milieu riche en matières nutritives

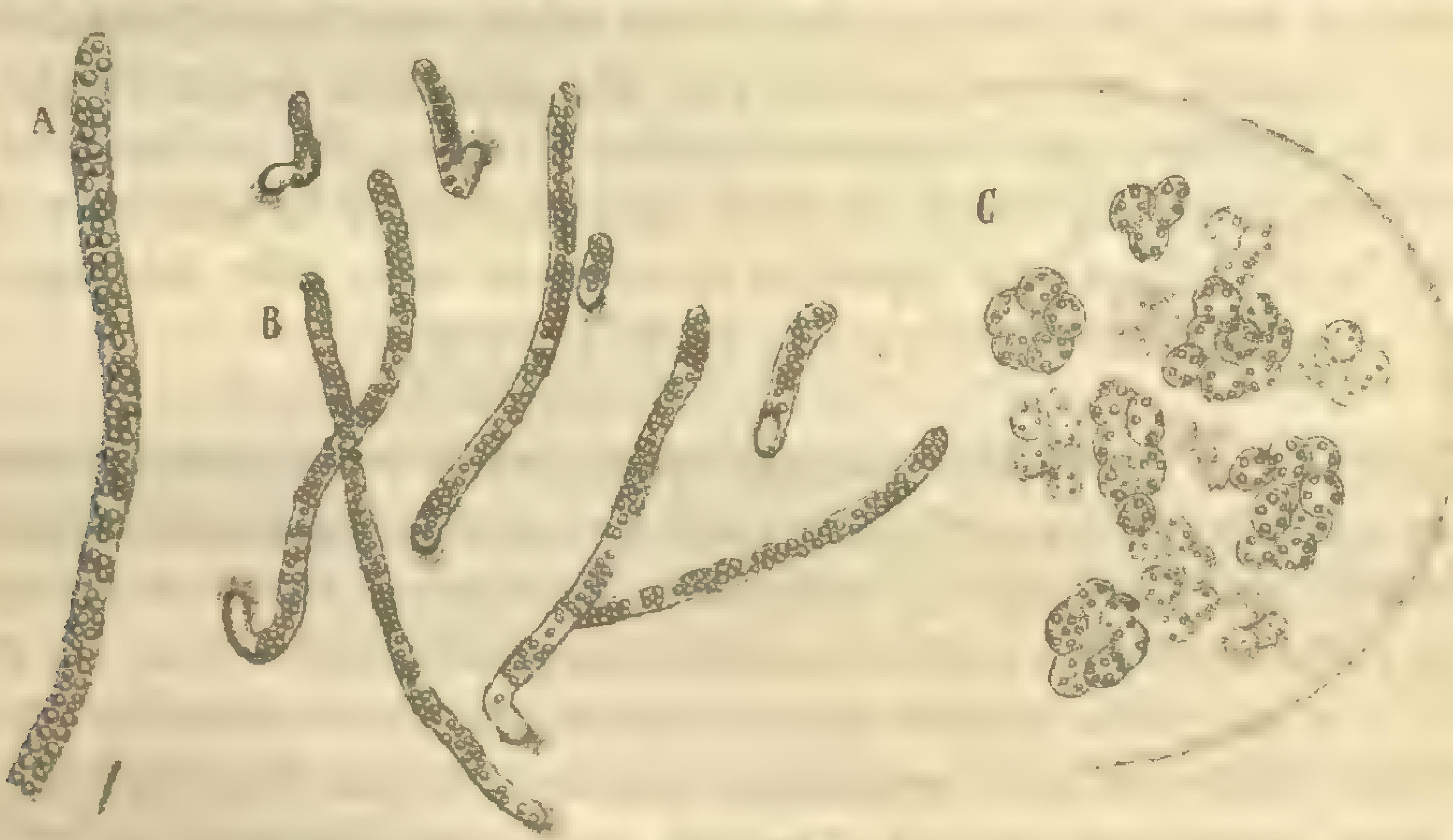


Fig. 122 à 124. — Sulfobactéries : A, *Beggiatoa alba* ; B, *Thiothrix nivea* ; C, *Thiocystis violacea*. (Ces figures ainsi que les huit figures suivantes sont faites d'après Winogradsky.)

leur est même nuisible en favorisant le développement des bactéries de la putréfaction.

Dans la nature les sulfobactéries se rencontrent, soit dans les sources sulfureuses, soit dans les milieux où du sulfate de chaux est associé à des matières putrescibles. L'action réductrice qui accompagne la putréfaction transforme le sulfate en sulfure, lequel, sous l'influence des acides, dégage de l'hydrogène sulfuré, et dès lors le milieu est propre au développement des sulfobactéries : c'est ainsi qu'on en trouve au bord de la mer, particulièrement dans les endroits où s'accumulent des plantes marines en putréfaction. L'auteur obtient artificiellement un milieu très propre au développement spontané des sulfobactéries en déposant des tranches de rhizomes de *Butomus* fraîchement arrachés et encore enduits de la vase adhérente, dans de l'eau additionnée de 2 grammes de gypse par litre.

Nous avons donc les moyens de nous procurer les sulfobactéries et de les faire végéter normalement. Cela ne suffit pas : il faudrait encore isoler les formes qui se rencontrent de manière à en faire des cultures pures, issues chacune d'une seule cellule. Ce dernier résultat n'a pu être obtenu : les

méthodes en usage ne réussissent pas à opérer cette séparation. La culture sur gélatine n'est ici d'aucun secours : la gélatine fait mourir les sulfobactéries. La méthode par dilution ne fournit que des résultats incertains : au lieu de se laisser séparer dans l'eau, ces organismes se réunissent en amas gélatineux où des formes différentes restent entremêlées. Cette méthode peut cependant servir à isoler les sulfobactéries incolores (*Beg-*

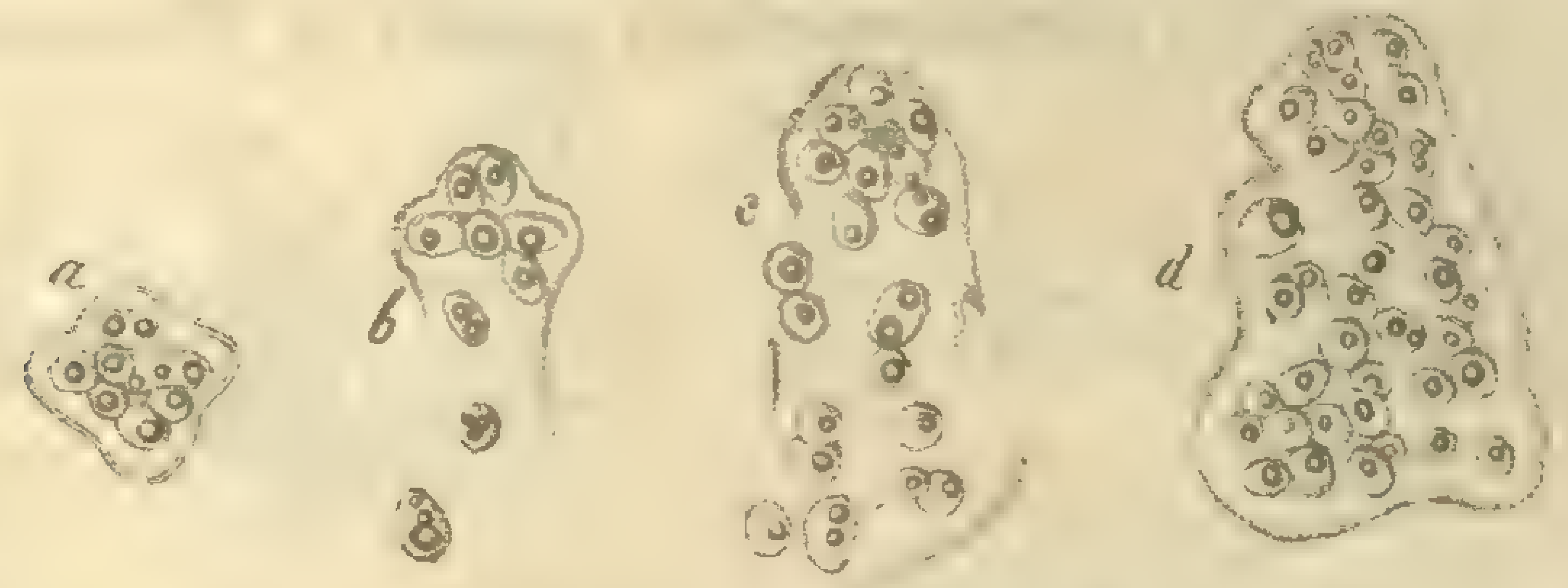


Fig. 125. — Développement de la sulfobactérie *Thiocapsa roseo-persicina* : *a*, *b*, *c*, *d*, états successifs.

giatoa et autres), qui d'ailleurs se trouvent souvent à l'état pur dans la nature ; mais quand il s'agit des sulfobactéries rouges, elle ne permet pas d'isoler à coup sûr les différentes formes, et surtout d'isoler telle ou telle forme à volonté.

L'auteur a donc observé les formes isolées quand cela était possible : quand il n'y réussissait pas, il choisissait dans une culture microscopique

Fig. 126. — Développement de la sulfobactérie *Lamprocystis roseo-persicina* : *a*, *b*, états successifs.

des individus faciles à suivre pendant leur développement, en s'arrangeant de manière à ne pas les perdre de vue. On y arrive sans peine pour les formes immobiles ; pour les formes mobiles, la difficulté est beaucoup plus grande ; cependant comme les phases de mobilité succèdent pour le même organisme à des phases d'immobilité, on pouvait, en redoublant d'attention pendant la période de mobilité, arriver à suivre encore des individus dans leur développement. En somme tous les résultats ont été obtenus par l'*observation continue* dans une culture microscopique. Si, en appliquant cette

méthode, on rencontre des individus qui dans le même milieu, dans le même champ du microscope, subissent chacun un cycle fermé de transformations en restant toujours différents des voisins, on ne peut considérer les différentes formes que présentent ces individus comme des stades de végétation d'un organisme pléomorphe, on doit au contraire les regarder comme appartenant à des espèces distinctes.

Ces observations et ce raisonnement ont conduit M. Winogradsky à dis-

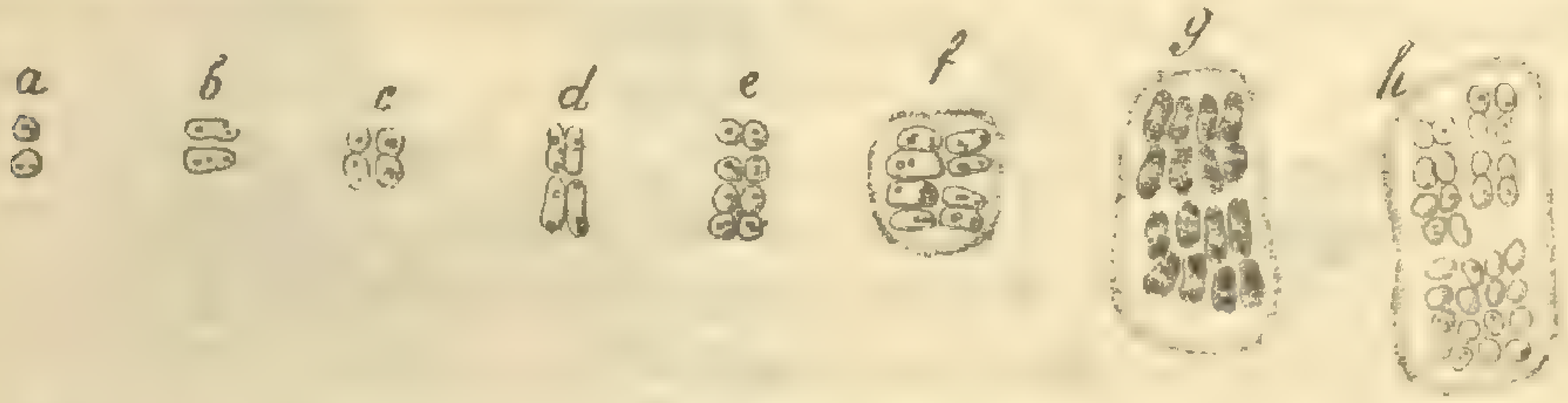


Fig. 127. — Développement de la sulfobactérie *Thiopedia rosea* : *a, b, c, d, e, f, g, h*, états successifs.

tinguer deux groupes d'organismes : le premier comprenant les *Sulfobactéries incolores*, et le second les *Sulfobactéries rouges*.

Dans le premier groupe, il distingue deux genres, *Beggiatoa* et *Thiothrix* (nov. gen.). Ces deux genres sont nettement caractérisés : le *Beggiatoa* est en filaments toujours flexibles, mobiles et rampant sur les corps solides, bien cylindriques, sans gaine. Ces filaments ne présentent aucun cas de pléomorphisme.

Les filaments de *Thiothrix* sont toujours immobiles et rigides, d'un diamètre non uniforme : ils présentent une base et un sommet; ils se fixent par leur base sur les corps solides au moyen d'un coussinet gélatineux; ils sont munis d'une gaine. Mais ce qui les caractérise surtout, c'est un mode spécial de reproduction : quand les filaments ont atteint une certaine lon-

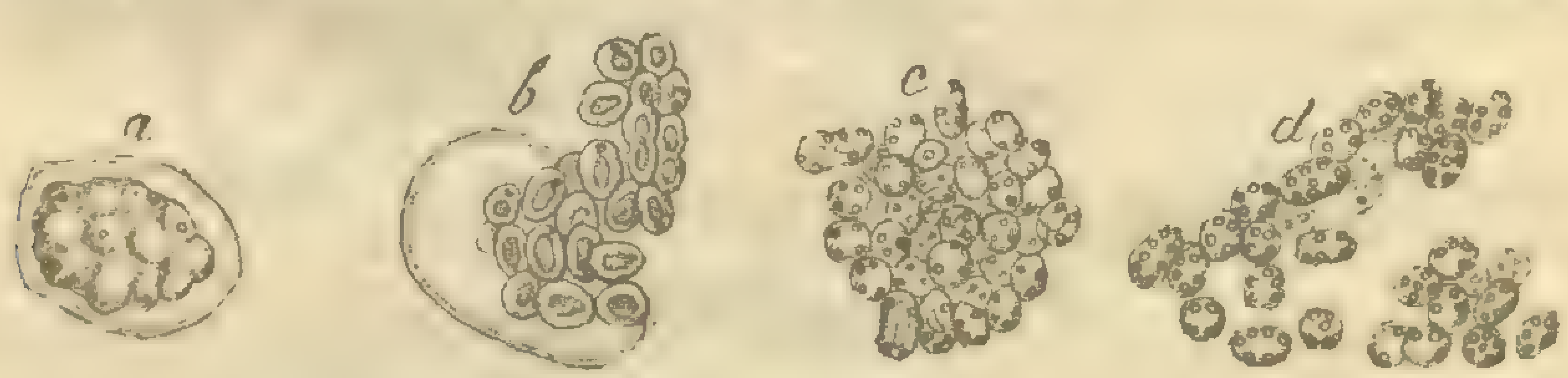


Fig. 128. — Développement de la sulfobactérie *Amœbobacter roseus* : *a, b, c, d*, états successifs.

gueur, leur bout flottant se divise en une série d'articles assez allongés qui bientôt deviennent mobiles, se détachent du filament et s'éloignent lentement en glissant sur le verre. Après une courte période de mobilité pendant laquelle ils ne s'éloignent que peu du filament mère, ils se fixent eux-mêmes sur le verre et s'allongent en filaments. Cette formation de gonidies-bâtonnets mobiles distingue radicalement le genre *Thiothrix* du genre *Beggiatoa*, à qui elle fait constamment défaut.

Le groupe des *Sulfobactéries rouges* est beaucoup plus complexe. Il présente une multitude de formes, toutes colorées en rose ou en violet. La matière colorante est un corps facilement oxydable qui ne peut se former et se conserver dans les cellules qu'en l'absence de l'air ou en présence de

substances réductrices, comme l'hydrogène sulfuré. Dans ce groupe l'auteur a distingué douze genres, répartis eux-mêmes en deux sous-groupes, l'un voisin des chroococcées, l'autre des flagellées.

Les organismes du premier sous-groupe forment des colonies de cellules sphériques ou allongées qui présentent des stades mobiles ; tantôt ce sont des cellules isolées qui se meuvent, tantôt ce sont de petites colonies qui

Fig. 129. — Développement de la sulfobactérie *Thiodictyon elegans* : *a*, *b*, états successifs.

nagent d'un mouvement d'ensemble. Dans ce sous-groupe l'auteur a trouvé neuf genres, qui se distinguent les uns des autres par le groupement des cellules, leur mode de division, l'abondance ou l'absence de gélatine. Ce sont :

a. *Thiocystis* (nov. gen.), *Thiocapsa* (nov. gen.), *Thiosarcina*, où la division des cellules se fait suivant trois directions de l'espace ;

b. *Lamprocystis*, où la division des cellules se fait d'abord suivant deux, puis suivant trois directions ;

c. *Thiopedia*, où la division des cellules a lieu suivant deux directions ;

d. *Amœbobacter* (nov. gen.), *Thiothece* (nov. gen.), *Thiodictyon* (nov. gen.), *Thiopolycoccus* (nov. gen.), où la division des cellules se fait suivant une seule direction.

Le second sous-groupe comprend des organismes en cellules toujours isolées, se reproduisant par scissiparité, munies d'un grand cil et le plus souvent mobiles. Quelquefois les périodes d'activité et de repos se succèdent sans ordre apparent, ce qui dépend des conditions de culture. Ce sous-groupe correspond aux monades rouges de M. Ehrenberg et de M. Cohn. L'auteur y distingue trois genres : *Chromatium* (cellules cylindriques-elliptiques), *Rhabdochromatium* (nov. gen., cellules en forme de bâtonnet ou de fuseau), *Thiospirillum* (cellules en spirale).

Fig. 130. — *Chromatium Okenii* : *a*, *b*, *c*, **états successifs.**

L'ensemble de ces douze genres de sulfobactéries rouges comprend de nombreuses espèces que l'auteur n'a pas cherché à distinguer d'une manière absolue : il en compte à peu près vingt-cinq.

On voit combien cette étude éloigne l'auteur de l'idée d'après laquelle les différentes formes que l'on rencontre chez les microorganismes des eaux sulfureuses dérivent d'une seule espèce pléomorphe. Il est difficile de ne pas se ranger à ses conclusions, qui reposent sur des observations si consciencieuses et si complètes. Mais d'un autre côté il est évident qu'elles ne sont applicables qu'aux organismes qu'il a étudiés, et qu'elles n'excluent nullement la possibilité de cas de pléomorphisme chez d'autres bactéries.

Le regretté M. Wasserzug (1) se rattache au contraire à l'école de M. Nägeli par la direction qu'il a donnée à ses recherches, mais il s'en écarte beaucoup par les moyens d'investigation, en ce qu'il s'est astreint à une bien plus grande rigueur de méthode. Nägeli, prenant ses conclusions mêmes pour principe, ne cherche même pas à étudier les bactéries dans des cultures pures, sous prétexte que c'est impossible. M. Wasserzug, au contraire, a jugé sagement que le seul moyen de réfuter l'opinion de ceux qui croient à la constance de la forme chez les bactéries, c'est de prendre une de ces espèces reconnues par ses adversaires, de la cultiver à l'état de pureté par-

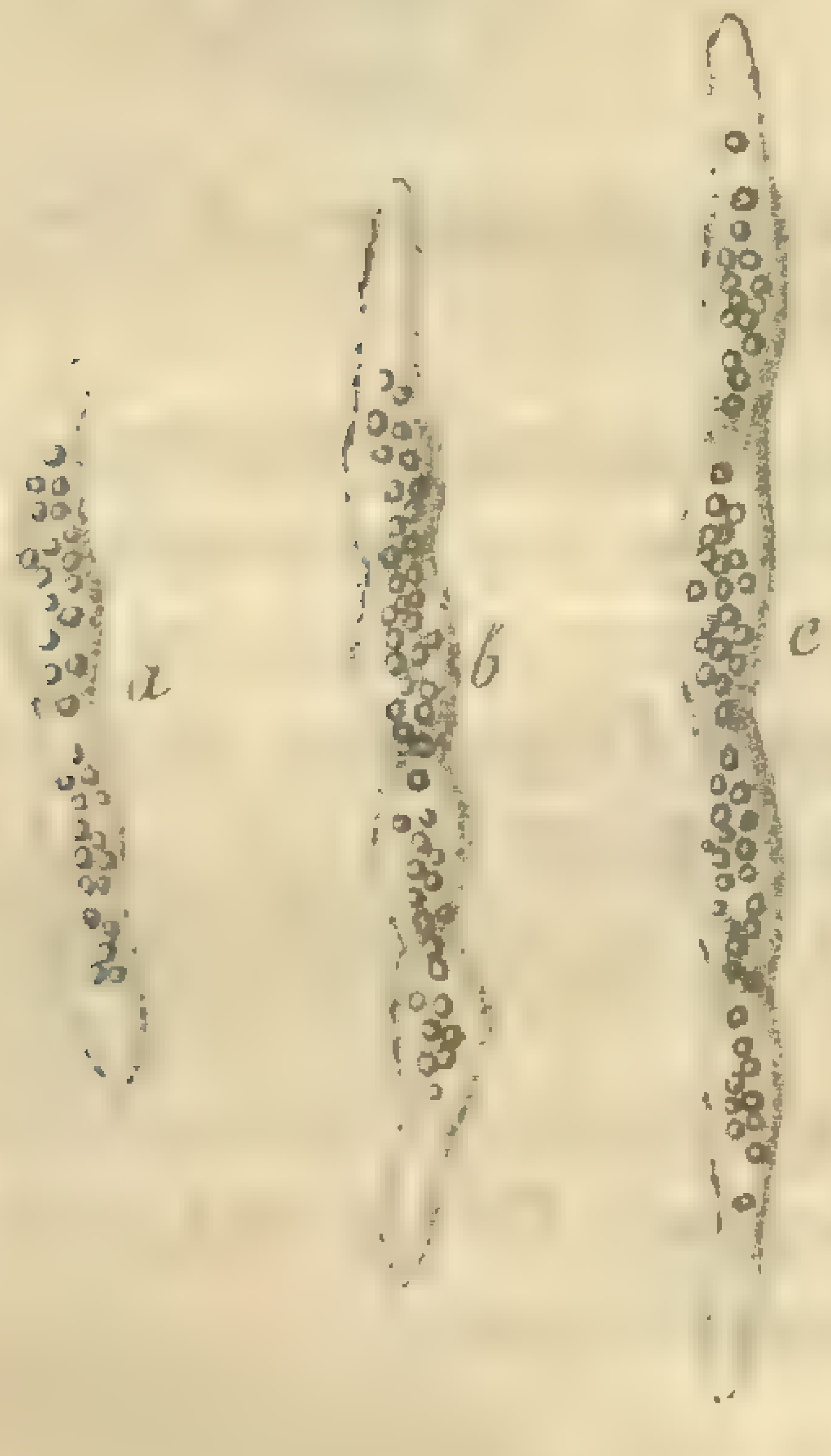


Fig. 131. — *Rhabdochromatium roseum.*

Fig. 132. — *Rhabdochromatium fusiforme.*

faite, et de montrer que par des procédés de culture convenablement choisis, on peut imprimer à cette soi-disant espèce des variations durables, tant dans la forme que dans la fonction, variations qui la rapprocheraient d'autres types et effaceraient les distinctions absolues entre cette espèce et les autres. Et ce n'est qu'après avoir exécuté le même travail sur un grand nombre de formes que M. Wasserzug se proposait de tirer des conclusions générales. Dans le présent mémoire l'auteur a étudié spécialement une bactérie nettement caractérisée tant par sa forme que par sa coloration, le *Micrococcus prodigiosus.* C'est pour beaucoup d'auteurs le type des microcoques; il est formé de cellules isolées, sphériques ou légèrement elliptiques, et donne aux milieux solides, sur lesquels on l'a le plus souvent cultivé, une coloration rouge caractéristique.

M. Wasserzug part d'une culture absolument pure de cet organisme et

(1) Wasserzug : *Variations de forme chez les bactéries.* Ann. de l'Inst. Pasteur. II. p. 75.

cherche à lui faire perdre justement les propriétés qui le caractérisent comme espèce. D'abord sa fonction chromogène. Cultivées sur pomme de terre ou sur gélose, les cellules sont colorées en rouge. Mais si l'on vient à semer ces cellules rouges dans un milieu nutritif liquide neutre ou alcalin, la coloration disparaît complètement. On peut d'ailleurs rendre aux cellules leur couleur, même en milieu liquide, en donnant au liquide une légère acidité. Cette restitution de la couleur aux bactéries décolorées a été observée aussi par M. Wasserzug pour d'autres espèces (bacille du pus bleu, bacille du lait bleu). On peut donc, en milieu liquide, obtenir à volonté des cellules rouges ou des cellules incolores. On le peut aussi en milieu solide. M. Wasserzug part d'une colonie parfaitement rouge obtenue sur pomme de terre ; il la sème dans un liquide alcalin : les cellules se décolorent. Un certain nombre de ces cellules incolores sont semées à la surface d'un peu de gélose : il se forme des colonies dont les unes sont rouges et les autres incolores. On sème une colonie incolore dans le milieu liquide, dont on sème de nouveau une goutte sur gélose. En faisant ainsi une série de cultures alternatives sur gélose et dans des liquides alcalins, on arrive très rapidement à des cultures qui ont perdu, d'une manière durable, leur fonction chromogène, tant sur pomme de terre que sur gélose.

Voilà pour la fonction; passons à la forme. Que doit-on entendre par *constance de la forme?* Assurément ce n'est pas une fixité absolue dans la figure géométrique et dans les dimensions, fixité que nous ne rencontrons nulle part, pas même chez les organismes les plus élevés. Les partisans les plus décidés de la constance de la forme ne peuvent manquer d'accorder aux bactéries une certaine plasticité morphologique qui leur fasse prendre des aspects divers suivant le milieu où elles vivent. Mais la question est de savoir, d'abord s'il y a, pour une espèce, une certaine limite dans la variabilité qui n'est jamais dépassée, ensuite, et surtout, si une forme nouvelle, imprimée à un organisme par le passage d'un premier milieu à un second, peut être rendue assez durable pour subsister héréditairement lorsqu'on reportera dans son premier milieu l'organisme modifié.

Quant au premier point, on ne peut nier que, plus les observations se multiplient, plus il devient difficile de fixer une limite aux variations de forme que peut subir un même organisme. Cohn distinguait primitivement quatre formes fondamentales : microcoque, bactérium, bacille et spirille. Plus tard on vit qu'il était impossible de conserver comme une forme fondamentale celle de bactérium, car les bacilles peuvent la prendre. On n'admet donc plus que trois groupes, et encore entre ces derniers est-on obligé de reconnaître bien des empiétements, par ce qu'on appelle aujourd'hui les *formes d'involution*, formes qui se présentent surtout dans le vieillissement des cellules au sein d'un milieu de culture épuisé, et aussi dans les cultures faites en présence de doses non mortelles d'antiseptiques (1). Mais c'est surtout le retour inévitable des formes d'involution à la forme primitive quand les

(1) Dès l'année 1880, j'ai fourni un exemple d'un *Micrococcus* qui, cultivé à l'état pur, pouvait s'allonger en filaments. C'était un mycoderme du vinaigre, que j'ai nommé *M. oblongus*. Vivant dans un milieu sucré en présence d'une dose de craie suffisante pour maintenir le liquide constamment à l'état de neutralité, il s'allongeait,

conditions primitives sont elles-mêmes rétablies, qui est invoqué par les partisans de la constance de la forme.

Voyons les résultats obtenus sur ce sujet par M. Wasserzug avec le *M. prodigiosus*. Ce microcoque peut très facilement prendre la forme de bacille ou même de filament très allongé. Il suffit de le semer dans du bouillon de veau auquel on a ajouté une quantité d'acide tartrique relativement considérable pour le *M. prodigiosus*, soit 4 à 5 décigrammes d'acide par litre. Le développement est alors un peu retardé, mais il fournit, au lieu de cellules sphériques, des cellules allongées constituant de véritables bacilles. Ceux-ci sont mobiles, et leur mouvement leur donne souvent l'aspect de spirilles.

Voilà de grands changements de forme. Peuvent-ils devenir durables? Si l'on observe les progrès de la culture dans ce milieu qui a donné naissance aux formes d'involution, on constate que l'acidité va en diminuant, et qu'en même temps les bacilles se raccourcissent jusqu'à prendre la forme sphérique. M. Wasserzug fait alors des cultures en milieu constamment acide, et pour cela il transplante chaque jour ou tous les deux jours l'organisme dans un nouveau milieu semblable au premier. L'acidité n'a pas le temps de diminuer sensiblement par l'action de la bactérie, et l'on constate que les formes filamenteuses deviennent de plus en plus nombreuses et aussi plus persistantes, même quand l'acidité diminue notablement. Au bout d'une quinzaine de générations la forme bacillaire était fixée au point de subsister dans la culture abandonnée à elle-même, alors que le milieu avait perdu sa réaction acide. Cependant si l'on semait dans un bouillon alcalin cet organisme modifié, on voyait reparaître la forme microcoque, associée encore à des bâtonnets.

Dans une seconde note (1), M. Wasserzug fournit un nouveau moyen de faire passer ce même microcoque à la forme bacillaire, c'est par des cultures successives faites en milieu neutre ou mieux en milieu acide, avec une semence préalablement chauffée à 50°. On obtient ainsi « une forme très nettement bacillaire qui se conserve d'autant mieux dans la suite des générations que les chauffages ont été plus nombreux ».

Ce dernier procédé modifie de la même manière la forme de plusieurs autres organismes, notamment d'un bacille vert trouvé dans l'eau et du *Bacillus anthracis*.

Tels sont les résultats obtenus par M. Wasserzug. Certes, ils manifestent chez les bactéries une remarquable aptitude à changer de forme, mais on ne peut voir là une démonstration, même pour un cas particulier, de la possibilité de transformer une espèce en une autre, ou, ce qui revient au même,

en vieillissant, en véritables filaments. J'ai obtenu également des cellules filamenteuses, quoique jeunes, en semant des microcoques dans des liquides nutritifs peu favorables à la culture, par exemple dans une solution de miel ou dans le liquide d'une vieille culture en eau de levûre glucosée, liquide stérilisé et additionné d'un peu de glucose (L. Boutroux, *Sur une fermentation nouvelle du glucose*. Thèse de doctorat, 1880 et Ann. scient. de l'École normale, 2e série, t. X, mars 1881, p. 71. Voir spécialement les figures 2, 3, 4, 5).

(1) E. Wasserzug : *Variations durables de la forme et de la fonction chez les bactéries*. Ann. Inst. Pasteur, t II, p. 153.

de l'impossibilité de distinguer de véritables espèces. Si dans un même milieu, dans les mêmes conditions de culture, et après un nombre de générations successives suffisant pour permettre la disparition des formes d'involution, nous trouvons des différences constantes de forme entre deux micro-organismes, nous avons toujours le droit d'en faire deux espèces différentes. Les résultats relatifs à l'abolition de la fonction normale sont plus décisifs; mais il y a longtemps qu'on a renoncé à prendre les fonctions physiologiques comme base de classification.

La leçon qui se dégage des faits mis en évidence par M. Wasserzug, c'est que pour caractériser un micro-organisme, il ne suffit pas d'en décrire la forme et la fonction à un certain moment de son développement dans un certain milieu; il faut décrire, autant que possible, tous les états qu'il présente successivement dans un même milieu ainsi que ceux qu'il peut revêtir dans des milieux différents, en se rappelant qu'on ne peut accorder à aucun caractère, envisagé seul, la valeur d'un caractère spécifique. La distinction même des formes microcoque, bacille et spirille, commode pour la description, doit être conservée, mais sans qu'on y attache un sens absolu.

Une nouvelle bactérie colorée en jaune a été étudiée par M. O. Prove (1). Cette bactérie est intéressante en ce qu'elle se prête bien à l'étude du problème général de la variabilité de la forme et de la fonction.

Au point de vue de la forme, l'auteur a trouvé que dans tous les milieux essayés cet organisme appartenait au type microcoque, et pourtant il a des caractères que l'on n'attribue ordinairement qu'aux bacilles, notamment la mobilité des cellules et l'existence des spores endogènes.

Au point de vue de la fonction, il a vu que la production de la couleur jaune était sous la dépendance du milieu. Cette couleur se produit bien en présence d'un excès de matières albuminoïdes; elle ne se produit pas en présence des substances hydrocarbonées, comme les sucres. Enfin, tandis que la forme et la marche du développement sont indépendantes de la lumière, cet agent physique a une action marquée sur la fonction chromogène. La couleur jaune se produit dans les cultures faites à la lumière, directe ou diffuse; elle ne se forme pas dans les cultures faites à l'obscurité.

Le mode de division ordinaire chez les bactéries est la division transversale. Cependant il existe des bactéries, comme celles du genre *Sarcina*, où la division s'opère suivant trois plans rectangulaires. M. Metchnikoff (2) a découvert une bactérie qui présente uniquement la division longitudinale. C'est un parasite des daphnies d'eau douce, chez lesquelles elle produit une maladie mortelle. L'auteur l'appelle *Pastoria ramosa*. Ce micro-organisme se présente en colonies qui ont la forme de choux-fleurs (fig. 133, *a* et *b*) : d'un tronc central partent des rameaux secondaires, etc., tertiaires, et les extrémités des derniers rameaux sont des articles étroits à la base et arrondis à leur surface extérieure. Pendant l'évolution de la bactérie les colonies se

(1) O. Prove : *Le Micrococcus ochroleucus* (Beiträge zur Biolog. der Pflanzen, de F. Cohn, IV, 3, p. 409).

(2) Elie Metchnikoff : *Pastoria ramosa* (Ann. de l'Inst. Pasteur, t. II, p. 165).

disloqent graduellement : le tronc principal se divise d'abord, puis les rameaux (*e*, fig. 133), et bientôt il ne reste que de petits groupes de quatre ou deux articles réunis en un centre par leur extrémité amincie *d*. Le lien qui les rattache devient de plus en plus grêle, puis il ne reste que de petits corps en forme de poire *e*.

Un développement si différent de celui que nous observons d'ordinaire ne peut manquer d'inspirer des doutes sur la légitimité de ranger cet organisme dans le groupe des bactéries. M. Metchnikoff se fonde, pour justifier cette manière de voir, sur l'existence d'endospores. Celles-ci ne se forment que dans les individus isolés (*f*, fig. 133).

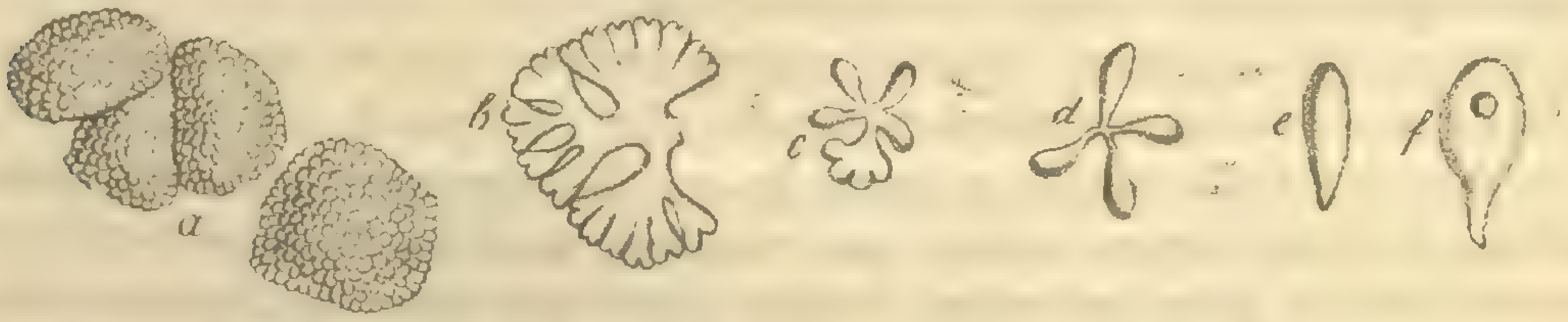


Fig. 133. — *Pastoria ramosa* (d'après Metchnikoff).

M. B. Fischer (1) fait connaître un nouveau bacille qui, déposé sur le corps d'un poisson, s'y développe rapidement et recouvre en quelques jours l'animal d'une couche continue et phosphorescente, répandant un éclat si intense que l'auteur a pu photographier ces bactéries avec leur propre lumière. Ce bacille a été trouvé en abondance dans la mer Baltique.

Nous parlerons maintenant de travaux relatifs à des fermentations envisagées plutôt au point de vue chimique.

Le travail de M. Boutroux (2) sur l'oxydation du glucose par les bactéries, quoique destiné surtout à faire connaître les transformations chimiques du glucose par voie de fermentation, peut être rapproché des études qui se rapportent à la variabilité de la forme et de la fonction chez les bactéries. Il montre en effet un nouveau *Micrococcus* qui peut présenter des formes bacillaires comme formes d'involution, et qui exerce des actions chimiques variables selon le milieu. C'est toujours un agent d'oxydation. Il acétifie péniblement l'alcool, mais il agit énergiquement sur le glucose. Cultivé dans du bouillon de levûre additionné de glucose, il transforme ce sucre en acide gluconique, par simple fixation d'oxygène

$$C^{12}H^{12}O^{12} + O^2 = C^{12}H^{12}O^{14} \text{ (3).}$$

Cultivé dans le même milieu, mais en présence d'un excès de carbonate de chaux qui neutralise constamment l'acide formé, il donne d'abord du gluconate de chaux, puis il agit sur ce sel lui-même : il transforme l'acide

(1) B. Fischer : *Sur un nouveau bacille lumineux* (Centralbl. f. Bakt. t. III, 1888).

(2) L. Boutroux : *Sur l'oxydation du glucose par les microbes* (Ann. Inst. Pasteur, II, 309).

(3) Il est cependant distinct du *M. oblongus*, qui produit cette même réaction, mais non celles qui sont exposées ci-dessous.

gluconique en un acide nouveau, de formule $C^{12}H^{10}O^{14}$, auquel l'auteur donne le nom d'*acide oxygluconique*. La réaction est

$$C^{12}H^{12}O^{14} + O^{2} = H^{2}O^{2} + C^{12}H^{12}O^{14}.$$

Ce nouvel acide possède la fonction d'aldéhyde; son sel de chaux est insoluble : il cristallise dans les cultures où il se forme.

Au lieu de faire agir le microcoque sur le glucose, on peut le cultiver dans une dissolution de gluconate de chaux additionnée de bouillon de levûre : il produit alors le même oxygluconate de chaux.

Voici donc une bactérie qui agit sur des substances fermentescibles diverses, et produit, par oxydation de celles-ci, des substances diverses. Les expériences de M. Boutroux n'ont pas été spécialement instituées en vue de savoir si cette diversité de fonction correspondait à des variations dans la nature même du microbe, mais rien ne lui a indiqué de semblables variations. Il ne s'agit pas là d'un organisme qui, comme le pense Nägeli, peut provoquer toute espèce de fermentation ou de maladie infectieuse, mais bien d'une bactérie capable de produire plusieurs réactions oxydantes déterminées.

Il est une fermentation bien usuelle, et pourtant encore bien peu connue, c'est la fermentation panaire. De nombreux savants ont déjà abordé la question, mais les résultats qu'ils ont obtenus, peu concordants, sont loin d'apporter la certitude. Il y a quelques années régnait une théorie simple et satisfaisante : la farine de blé contient de l'amidon et des matières azotées; parmi ces dernières se trouve une diastase, que nous appellerions maintenant *amylase*, et qui, en présence de l'eau, a le pouvoir de saccharifier un peu de cet amidon. Or, pour faire le pain on mélange intimement de la farine, de l'eau tiède et du levain. Ce levain est tantôt de la levûre de bière, tantôt de la pâte non cuite, provenant d'une opération antérieure. Quand le mélange est fait, l'amylase convertit un peu d'amidon en dextrine et maltose, et ce sucre, attaqué par la levûre du levain, est transformé en alcool et acide carbonique : de là le dégagement de gaz qui produit les bulles dont la présence dans la pâte est le caractère essentiel du pain.

Cette théorie, exposée par Graham, fournissait une explication plausible du fait principal, mais elle était loin de rendre compte de tous les détails qu'on peut observer dans la fermentation panaire. En effet, s'il se trouve un peu d'alcool dans la pâte levée, il s'y trouve aussi bien d'autres produits formés pendant la fermentation, notamment des acides gras et des peptones; et s'il s'y trouve de la levûre, il s'y trouve aussi, bien plus abondamment, des organismes appartenant au groupe des bactéries. Ainsi, soit qu'on se place au point de vue de l'analyse chimique du produit, soit qu'on envisage les êtres vivants dont la multiplication est la cause des réactions chimiques, on voit que le phénomène ne se borne pas à une simple fermentation alcoolique comme celle de la bière. On se trouve en présence d'un phénomène très complexe, et toute la difficulté est de distinguer l'accessoire du principal, le contingent du nécessaire.

Pour Graham, le principal et le nécessaire c'était la fermentation alcoolique, produite par la levûre. Mais en 1883 M. Chicandard (1), reprenant la question, trouva qu'au contraire la fermentation alcoolique n'était qu'un accident, qui manquait dans les conditions ordinaires de la fabrication du pain à Paris, et que le phénomème essentiel était une fermentation du gluten. produite par une bactérie (qu'il appela *Microzyma glutinis*) et consistant dans une transformation du gluten en peptone et autres produits parmi lesquels se trouvent de l'acide carbonique, de l'hydrogène et de l'azote qui font lever la pâte.

Cette manière de voir fut confirmée, avec quelques modifications, par plusieurs observateurs; la théorie de la fermentation alcoolique du pain était donc tombée en discrédit. Mais voici un travail qui lui redonne l'appui d'expériences fort concluantes. M. Dünnenberger (2) établit d'abord la production spontanée du sucre dans la farine mise en contact avec de l'eau. En effet, de la farine sèche, épuisée par l'alcool, n'abandonne pas de sucre à ce dissolvant; au contraire de la farine humectée d'eau, puis épuisée par l'alcool, a fourni jusqu'à 1,39 p. 100 de sucre.

En second lieu, pour établir les rôles respectifs des *Saccharomyces* et des bactéries, l'auteur se fonde sur ce fait que les Saccharomyces résistent à une acidité qui rend impossible le développement des bactéries. Il abandonne ensemble deux pâtes faites avec de la farine et de l'eau, identiques, sauf qu'à l'une on a ajouté 1 p. 100 d'acide tartrique. La pâte sans acide se gonfle dans l'espace de quatre à six jours. La pâte acide ne se gonfle pas dans le même temps. Ainsi les bactéries sans levûre n'agissent pas sur la pâte acide, et font lentement gonfler la pâte neutre. Il répète la même expérience avec deux pâtes additionnées de levain. La pâte à 1 p. 100 d'acide tartrique et la pâte neutre se gonflent cette fois dans le même temps, en 10 heures. La première expérience montrant que les bactéries sont impuissantes à faire gonfler la pâte acide, dans la seconde le gonflement de la pâte acide doit être attribué exclusivement à la levûre, et par suite cette seconde expérience prouve que quand les bactéries peuvent se développer aussi bien que la levûre le résultat est le même que lorsque la levûre agit seule.

M. Dünnenberger conclut de là que la fermentation normale du pain est une fermentation alcoolique. On voit que ces résultats sont difficiles à concilier avec ceux de M. Chicandard. La question ne paraît pas encore absolument tranchée.

Léon Boutroux.

(1) Chicandard : *La fermentation panaire* (Monit. scient. Quesneville, octobre 1883).

(2) C. Dünnenberger : *Bacteriologisch-chemische Untersuchung über die beim Aufgehen des Brotteiges wirkenden Ursachen* (Arch. der Pharm. [3], XXVI, 1888, 544).

TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

Note sur l'*Ectocarpus* (*Pylaiella*) *fulvescens* Thuret, par M. Ed. Bornet (avec une planche, Pl. 1). 5
Développement et constitution des anthérozoïdes, par M. Léon Guignard (avec cinq planches, Pl. 2, 3, 4, 5, 6). 11
I. Characées 18
II. Muscinées 63
III. Fougères. 71
IV. Algues; 1° Fucacées. 136
— 2° Floridées. 175
Études sur la végétation de la vallée de Chamonix et de la chaîne du Mont-Blanc, par M. Gaston Bonnier (avec une carte, Pl. 7). 28, 79, 146, 204
Assimilation et transpiration chlorophylliennes, par M. Henri Jumelle. 37
Influence des agents extérieurs sur l'organisation polaire et dorsiventrale des plantes, par M. Kolderup Rosenvinge (avec 19 figures dans le texte). 53
Introduction. 53
1re partie : détermination de la polarité par les influences extérieures 57, 123
2e partie : détermination de l'organisation dorsiventrale par les influences extérieures. 128, 170, 244, 304
Note sur la composition des tubercules de Crosnes du Japon (*Stachys tuberifera*), par M. A. de Planta (avec figure dans le texte). 85
Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles, par M. Henri Jumelle (avec figure dans le texte et deux planches, Pl. 9, 10). Introduction. 101
1re partie : influence de l'âge sur l'accroissement en poids 116, 195, 258, 318
2e partie : influence du milieu sur l'accroissement en poids. 359, 430
Germination des Lichens sur les protonémas des Mousses, par M. Gaston Bonnier (avec une planche, Pl. 8). 165

Les inflorescences des Palmiers fossiles, par M. le marquis de Saporta (avec figure dans le texte et deux planches, Pl. 11, 12). 229
Sur une nouvelle espèce de *Spirogyra*, par M. Dupray (avec figure dans le texte). 256
Les tumeurs à Bacilles des branches de l'Olivier et du Pin d'Alep, par M. Ed. Prillieux. 293
Observations sur les Renonculacées de la Flore de France, par M. Gaston Bonnier (avec 17 figures dans le texte et une planche, Pl. 14). 330
Clematis, *Atragene*, *Thalictrum* 332
Thalictrum (suite), *Anemone*. 390, 439
Adonis, *Myosurus*, *Ceratocephalus*, *Ranunculus*. . . 551
Ranunculus (suite), *Ficaria*, *Caltha*, etc., jusqu'à *Pæonia*. 631
Une nouvelle espèce de Chanterelle, par M. Léon Dufour (avec une planche, Pl. 13). 357
L'*Abies numidica*, détermination de ses affinités avec les *Abies* méditerranéens, par M. L. Trabut (avec deux planches, Pl. 17, 18). 405
Recherches sur les tubercules, par M. A. Seignette (avec 64 figures et quatre planches, Pl. 19, 20, 21, 22). 415
Introduction 415, 471, 509, 558
2ᵉ partie. Recherches physiologiques sur les tubercules. 569, 611
Sur les variations des *Alternaria* et des *Cladosporium*, par M. J. Costantin (avec figures dans le texte comprenant 9 croquis et deux planches, Pl. 23 et 24). 453
1° *Alternaria* 457
2° *Cladosporium* 501
Les nouveaux procédés de gravure photographique, par M. Léon Dufour (avec deux planches, Pl. 15, 16). 467
Une nouvelle Phanérogame sans chlorophylle (*Thizmia Glazovii*), par M. V. A. Poulsen. 549
Les Formes critiques d'Hellébores de la Savoie et du Dauphiné, par M. A. Masclef (avec une carte et une planche, Pl. 26). 597
Une nouvelle espèce de *Psathyrella* (avec figure dans le texte), par M. Léon Dufour. 651

TABLE DES REVUES

DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Revue des travaux d'anatomie publiés en 1888, par M. Leclerc du Sablon (avec 5 figures dans le texte, comprenant 15 croquis) 47

I. Anatomie de la cellule 88

II. Anatomie des tisssus 79

III. Anatomie appliquée à la classification 92

IV. Variétés 93

Revue des travaux sur les Champignons publiés en 1888, par M. J. Costantin (avec 6 figures dans le texte, comprenant 26 croquis) 95

I. Maladies parasitaires 95, 155

II. Ouvrages descriptifs et géographie botanique. 158

III. Ascomycètes 212

IV. Basidiomycètes 217

V. Urédinées et Ustilaginées 222

VI. Oomycètes 224

VII. Champignons imparfaitement connus 226

Revue des travaux relatifs aux méthodes de technique publiés en 1888 et jusqu'en avril 1889, par M. Léon Dufour (avec 4 figures dans le texte) 280

I. Méthodes de conservation et de culture 280

II. Procédés pour traiter les coupes 286

III. Microscopie 343

IV. Microphotographie 348

V. Variétés 350

Revue des travaux sur la description et la géographie botanique des Lichens publiés en 1888, par M. A. Hue . . . 397

Revue des travaux sur la Botanique descriptive et la géographie botanique des plantes de l'Asie publiés en 1888, par M. A. Franchet 443

Revue des travaux de physiologie végétale parus en 1888 et jusqu'en juillet 1889, par M. Henri Jumelle 487

I. Physiologie de la cellule. 487
II. Physiologie des organes.. . . . . 492, 537
Revue des travaux de paléontologie végétale parus en 1888 ou dans le cours des années précédentes, par M. le marquis de SAPORTA (avec une planche, Pl. 25). 541
I. Ere paléophytique. 544, 582
II. Ere mésophytique 589
Revue des travaux sur les bactéries et les fermentations parus en 1888, par M. LÉON BOUTROUX (avec 15 figures dans le texte comprenant 30 croquis). 653

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS LE TOME PREMIER

Planche 1. *Ectocarpus* (*Pylaiella*) *fulvescens.*
— 2. Anthérozoïdes des Characées (Planche en couleur).
— 3. Anthérozoïdes des Hépatiques et des Mousses.
— 4. Anthérozoïdes des Fougères.
— 5. Anthérozoïdes des Fucacées.
— 6. Pollinides des Floridées.
— 7. Carte des limites végétales dans la vallée de Chamonix.
— 8. Lichens et protonémas de Mousses (Planche en couleur).
— 9. Développement des plantes annuelles.
— 10. Développement des plantes annuelles.
— 11. Inflorescences de Palmiers fossiles.
— 12. Inflorescences de Palmiers fossiles.
— 13. *Cantharellus crassipes.*
— 14. *Thalictrum minus.*
— 15. *Osmunda regalis.*
— 16. *Pteris aquilina.*

Planche 17. *Abies numidica.*
— 18. *Abies numidica.*
— 19. *Spiræa Filipendula* et *Menyanthes trifoliata.*
— 20. *Menyanthes trifoliata* et *Avena elatior.*
— 21 et 22. Appareil pour mesurer la température des tubercules.
— 23. *Alternaria.*
— 24. *Cladosporium.*
— 25. *Calamites Suckowii.*
— 26. *Helleborus Personnati.*

TABLE DES ARTICLES ET DES REVUES

PAR NOMS D'AUTEURS

Bonnier (Gaston). Études sur la végétation de la vallée de Chamonix et de la chaîne du Mont-Blanc. 28, 79, 146, 204
— Germination des Lichens sur les protonémas des Mousses 165
— Observations sur les Renonculacées de la Flore de France. 330, 390, 439, 551, 631
Bornet (Ed.). Note sur l'*Ectocarpus* (*Pylaiella*) *fulvescens Thuret*. 5
Boutroux (Léon). Revue des travaux sur les Bactéries et les Fermentations, parus en 1880. 653
Costantin (J.). Revue des travaux sur les Champignons publiés en 1888. . . . . 95, 155, 212
— Sur les variations des *Alternaria* et des *Cladosporium*. 453, 501
Dufour (Léon). Revue des travaux relatifs aux méthodes de technique, publiés en 1888 et jusqu'en avril 1889 avec figures dans le texte 280, 343

DUFOUR (Léon). Une nouvelle espèce de Chanterelle. 357
— Les nouveaux procédés de gravure photographique. 467
— Une nouvelle espèce de *Psathyrella* 651
DUPRAY. Sur une nouvelle espèce de *Spirogyra*. 256
FRANCHET (A.). Revue des travaux sur la Botanique descriptive et la géographie botanique des plantes de l'Asie, publiés en 1887. 443
GUIGNARD (Léon). Développement et constitution des anthérozoïdes 11, 63, 136, 175
HUE (L'abbé). Revue des travaux sur la description et la géographie botanique des Lichens publiés en 1888. . . . 397
JUMELLE (Henri). Assimilation et transpiration chlorophylliennes. 37
— Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles. . . 101, 195, 258, 318, 359, 430
— Revue des travaux de physiologie végétale, parus en 1888 et jusqu'en juillet 1889. . . . . 487, 537
KOLDERUP ROSENVINGE. Influence des agents extérieurs sur l'organisation polaire et dorsiventrale des plantes. 53, 123, 170, 244, 304
LECLERC DU SABLON. Revue des travaux d'anatomie publiés en 1888 . . . . 47, 88
MASCLEF (A.). Les formes critiques d'Hellébores de la Savoie et du Dauphiné. 597
PLANTA (A. de). Note sur la composition des tubercules de Crosne du Japon (*Stachys tuberifera*) 85
POULSEN (V.-A.). Une nouvelle phanérogame sans chlorophylle (*Thismia Glaziovii*). 549
PRILLIEUX (Ed.). Les tumeurs à bacilles des branches de l'Olivier et du Pin d'Alep 293
SAPORTA (Marquis de). Les inflorescences des palmiers fossiles. 229
— Revue des travaux de paléontologie végétale parus en 1888 ou dans le cours des années précédentes. 541, 582
SEIGNETTE (A.). Recherches sur les tubercules. 415, 451, 471, 509, 558, 611
TRABUT (L.). L'*Abies numidica*, détermination de ses affinités avec les *Abies* méditerranéens. 405

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS DONT LES TRAVAUX ONT ÉTÉ ANALYSÉS DANS LES REVUES DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Explication des signes : (*a*) Revue d'anatomie; (*c*) Revue des travaux publiés sur les Champignons; (*t*) Revue de Technique; (*l*) Revue des travaux publiés sur les Lichens; (*d*) Revue de botanique descriptive des plantes de l'Asie; (*ph*) Revue de physiologie; (*pa*) Revue de paléontologie végétale; (*b*) Revue des travaux sur les Bactéries et les fermentations.

A

Aievoli (*t*)................. 289
Aitchison (*d*)................. 443
Almquist (*l*)................. 397
Arcangeli (*c*)................. 212
Arthur (*c*)............... 100, 157

B

Barla (*c*)................. 159
Barril (*c*)................. 100
Bartet (*c*)................. 155
Bary (De) (*c*)................. 224
— (*t*)................. 281
Berkeley (*c*)................. 96
Berlese (*c*)...... 161, 162, 216, 222
Bernard (*c*)................. 222
Bernheim (*b*)................. 654
Bertrand (C.-Eg.) (*pa*)......... 587
Beyerinck (*c*)............. 100, 227
Blackwell Forbes (*d*)........... 448
Bœhm (*ph*)................. 538
Bokorny (*ph*)................. 536
Bolles Lee (*t*)................. 354
Bonnier (Gaston) (*c*)........... 215
Borzi (*c*)................. 213
Boudier (*c*).............. 215, 222
Boutroux (*b*)................. 664
Brefeld (*c*).............. 217, 219
Breitfeld (*a*)................. 93
Bresadola (*c*)................. 161
Briard (*c*)............... 159, 160
Britzelmayer (*c*)............... 161
Brœmer (*t*)................. 292
Brommer (M[me]) (*c*)............. 160
Brunchorst (*c*)............. 98, 228
Brunaud (P.) (*c*)............... 159
Bucherer (*ph*)................. 497
Buchner (*t*)................. 285

C

Capranica (Stefano) (*t*)......... 349
Carl Müller (*a*)................. 91
Cavara (*c*)................ 97, 157
Celotti (*c*)................. 159
Chatin (*c*)................. 97
Chicandard (*b*)................. 666
Chmiekewskij (*ph*)............... 499
Clark James (*ph*)............... 496
Combes (*pa*)................. 584

Cooke (*c*) 160, 163
Costantin (*c*) 226, 228
— (*t*) 281
Courchet (*a*) 50

D

Dangeard (*c*) 216, 225
David (*d*) 450
D'Arsonval (*t* 350
Dünnenberger (*b*) 666
Detmer (*t*) 355
— (*ph*) 498
Devaux (*ph*) 493
Diakonow (*t*) 282
Di Vestea (*b*) 655
Dietel (*c*) 223
Dufour (*c*) 227
— (Léon) (*ph*) 498
Douliot (*a*) 88
Dumont (*a*) 92

E

Eichelbaum (*c*) 221
Eidam (*c*) 156, 226
Engelhardt (*c*) 216
Engelmann (*t*) 346
Elfving (*ph*) 489

F

Fabre Domergue (*t*) 354
Farlow (*c*) 163, 223
Faurie (*d*) 451
Fayol (*pa*) 545
Ferry de la Bellone (*c*) 159, 217
Fisch (*c*) 217
Fischer (*c* 216
— (B.) (*b*) 664
Flagey (*l*) 403
Flot (*t*) 290
Forquignon (*c*) 222
Franchet (*d*) 450, 452
Frank (*c*) 99, 227
Frank Schwartz (*a*) 49
Fremy (*a*) 51
Fries (Rob.) (*c*) 162

G

Gaillard (*c*) 162
Galloway (*c*) 217
Gasparini (*c*) 228
Gayon (*c*) 98
Giard (*c*) 223, 224
Giaxa (*t*) 348
Godfrin (*t*) 288
Godlewski (*ph*) 489
Gomont (*t*) 343
Grand'Eury (*pa*). 544, 546, 583, 586, 588
Grove (*c*) 228
Guignard (*t*) 289

H

Haberlandt (*ph*) 489
Hænsch (*t*) 349
Hansen (*c*) 212
— (*ph*) 538
Hartig (*c*) 155, 156
Harz (*c*) 217
— (*t*) 280
Heckel (*c*) 221
Heinricher (*t*) 291
— (*ph*) 490
Hemsley (*d*) 448
Henneguy (*t*) 354
Henning (*c*) 161
Henslow (*ph*) 500
Heury (*d*) 448
Hovelacque (*a*) 92
Hüppe (*t*) 284, 355

I

Istvanffy (*c*) 217
— (*t*) 280

J

Jannicke (*a*) 93
Janse (*ph*) 492
Johanson (*c*) 162, 213
Jumelle (*a*) 91
— (*ph*) 500

K

Kaiser (*t*) 285
Karsten (*c*) 161, 226
Kienitz-Gerloff (*c*) 223
Kirchner (*c*) 226
Klebahn (*c*) 222
Klebs (*t*) 291
— (*ph*) 487
Klein (*t*) 285, 344, 355
Koch (*t*) 345
Krabbe (*a*) 52
Krasilstchick (*t*) 352
Kultschizky (*t*) 289

L

Laborie (*a*) 91
Lagerheim (*c*) 223, 225, 227
Lagerheim (*t*) 286
Lambotte (*c*) 160
Laurent (*c*) 227
Leblois (Mlle) (*a*) 89
Le Breton (*c*) 221
Leclerc du Sablon (*a*) 89
Loew (*ph*) 537
Ludwig (*c*) 161
Lundstrœm (*a*) 88

M

Magnin (*c*) 223
Magnus (*c*) 225, 227
Malbranche (*c*) 159, 216
Mangin (*ph*) 492
— (*t*) 291
Martelli (*c*) 161, 221
Martinotti (*t*) 289
Massalongo (*c*) 213
Massee (*c*) 160, 215, 221
Mathias Duval (*t*) 287
Maximowicz (*d*) 451
Menier (*c*) 159
Metchnikoff (*b*) 663
Millardet (*c*) 98
Mœller (*c*) 215
Molisch (*ph*) 540
Moniez (*c*) 158
Morini (*c*) 217
Morot (*c*) 221
Mouton (*c*) 160
Mueller (*l*) 398
Müller (Carl) 91

N

Nathorst (*pa*) 593
Noll (*ph*) 489
Nylander (*l*) 397

O

Olsen (*c*) 217
Oudemans (*c*) 160

P

Paoletti (*c*) 163
Patouillard (*c*). 162, 215, 216, 217, 222, 228
Peck (*c*) 163
Perroncito (*c*) 225
Peyrou (*ph*) 494
Pfeffer (*ph*) 497
Pfitzer (*t*) 288
Philipps (*c*) 215, 216, 221
Prillieux (*c*) 95, 98, 156
Pringsheim (*a*) 50
Prove (*b*) 663

Q

Quélet (*c*) 159, 161

R

Raulin (*c*) 98
Ravaz (*c*) 96
Rees (Max) (*c*) 217
Rehm (*c*) 158, 216
Renault (*pa*). 544, 545, 547, 587, 594
Resegotti (*t*) 289
Richon (*c*) 160, 216
Rolland (*c*) 159, 215, 228
Rostrup (*c*) 156, 157, 162

Roumeguère (*c*)........ 162, 217
Rousseau (Mme) (*c*)............ 160
Roux (*t*)................ 284, 349
Roze (*c*).................. 160, 223

S

Saccardo (*c*)..... 158, 160, 163, 216
Sadebeck (*c*)................ 157
Samson Scribner (*c*).......... 97
Sauvageau (*t*)................ 291
Schmidt (*t*)................... 349
Schönland (*t*)................ 287
Schrœter (*c*)............ 158, 217
Schütt (*ph*).................... 540
Schwalb (*t*).................... 281
Schwartz (Frank) (*a*)........... 49
Seymour (*c*)................... 163
Seynes (De) (*c*).......... 220, 228
Solms-Laubach (*pa*)...... 546, 582
Sonntag (*a*).................... 90
Sorokine (*c*).............. 157, 164
Spegazzini (*c*)................ 163
Starbæck (*c*).................. 216
Stefan Jentys (*ph*)............ 495
Strasburger (*a*)................ 47
— (*t*).................. 355

T

Thaxter (*c*)................... 224
Thomas (*t*).................... 345
Tomaschek (*c*)................ 225
Toni (*c*)...................... 223
Tracy (*c*)..................... 217
Trambusti (*t*)................. 348
Treub (*a*)................. 93, 94
Tschirch (*a*)................... 94

V

Van Ermengem (*t*)............ 355
Van Tieghem (*a*)....... 88, 91, 92
Vester (Di) (*b*)................ 655
Viala (*c*)....................... 96
Vöchting (*ph*)................. 490
Von Thuemen (*c*).............. 100
Von Tubeuf (*c*)................ 155
Vries (H. de) (*ph*)............ 490
Vuillemin (*a*).................. 88
— (*c*).............. 155, 226

W

Wasserzug (*b*)................ 660
— (*c*)............. 212, 228
Wakker (*a*)..................... 48
Went (*a*)....................... 48
Werminski (*a*).................. 48
Wettstein (*c*)................. 215
Wiesner (*ph*).................. 499
Wigand (*b*).................... 653
Wilhelm Jannike (*a*)........... 93
Winter (*c*).................... 158
Winogradsky (*b*).............. 655
Woronine (*a*)................... 88
— (*c*).................. 214
Wortmann (*ph*)................ 487

Z

Zeiller (*pa*). 544, 545, 547, 590, 592, 594
Zeiss (*t*)...................... 344
Zettnow (*t*)................... 348
Zopf (*c*)...................... 225
— (*t*)...................... 281
Zukal (*c*)..................... 217

Corbeil. — Imprimerie Crété.

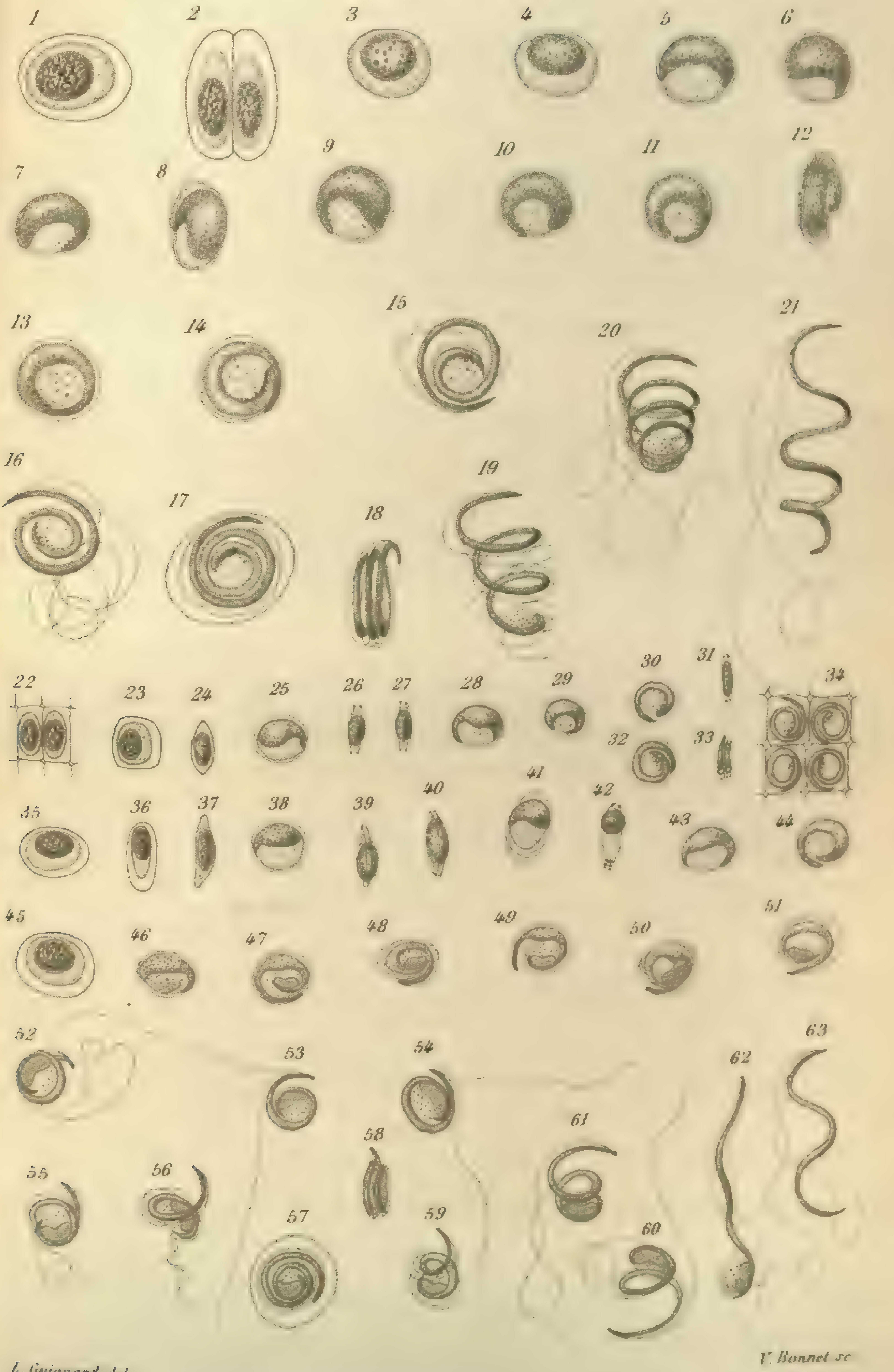
Autor del. *Bonnet sculp.*

ECTOCARPUS (PYLAIELLA) FULVESCENS THURET

Imp. Lemy-Gros Paris

ANTHÉROZOÏDES DES CHARACÉES

Imp. Geny-Gros, Paris



L. Guignard del. V. Bonnet sc.

Anthérozoïdes des Hépatiques et des Mousses

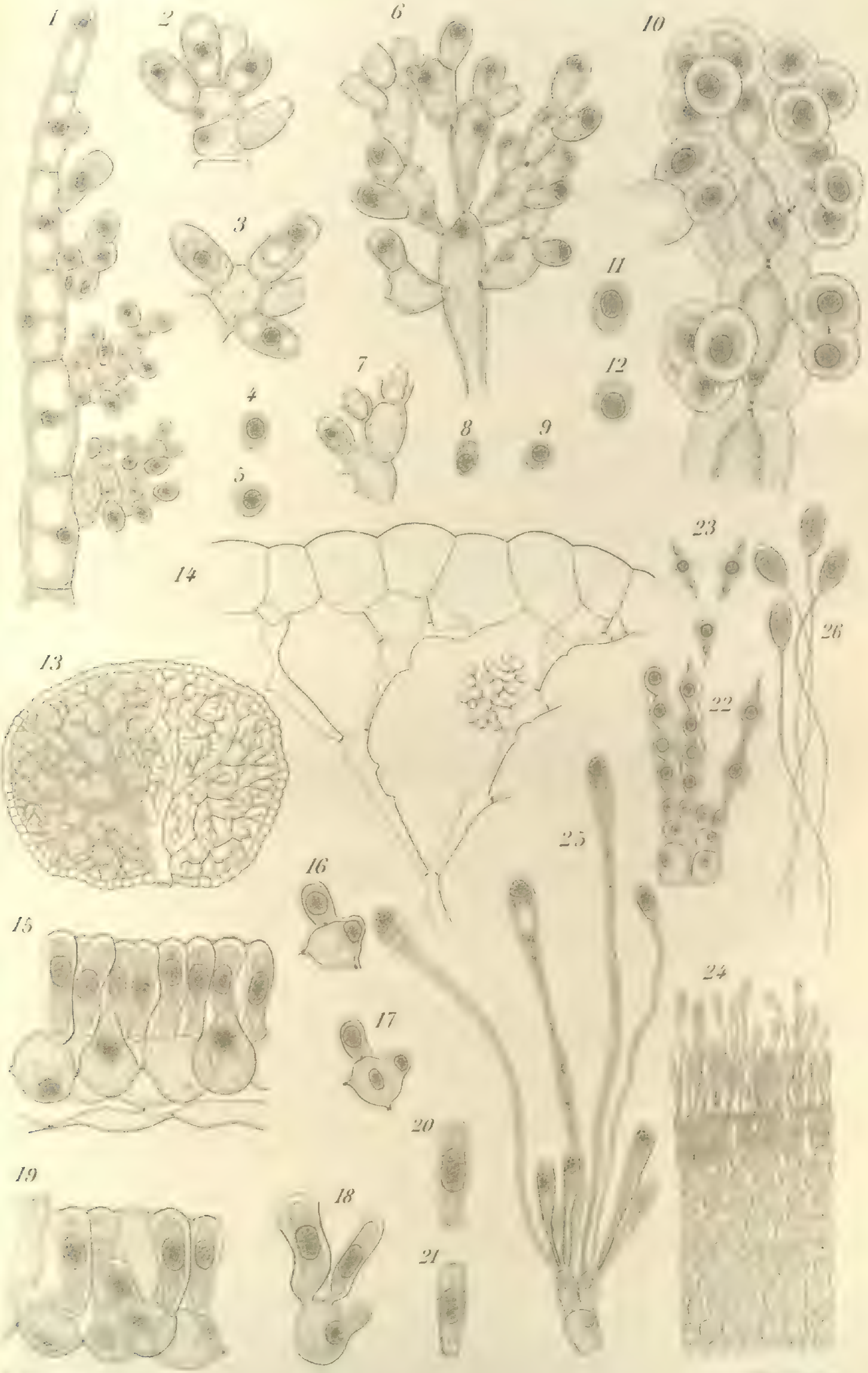
L. Guignard del V. Bonnet sc

Anthérozoïdes des Fougères

L. Guignard del. V. Bonnet sc.

Anthérozoïdes des Fucacées

Imp. Geny-gros Paris



L. Guignard del. *V. Bonnet sc.*

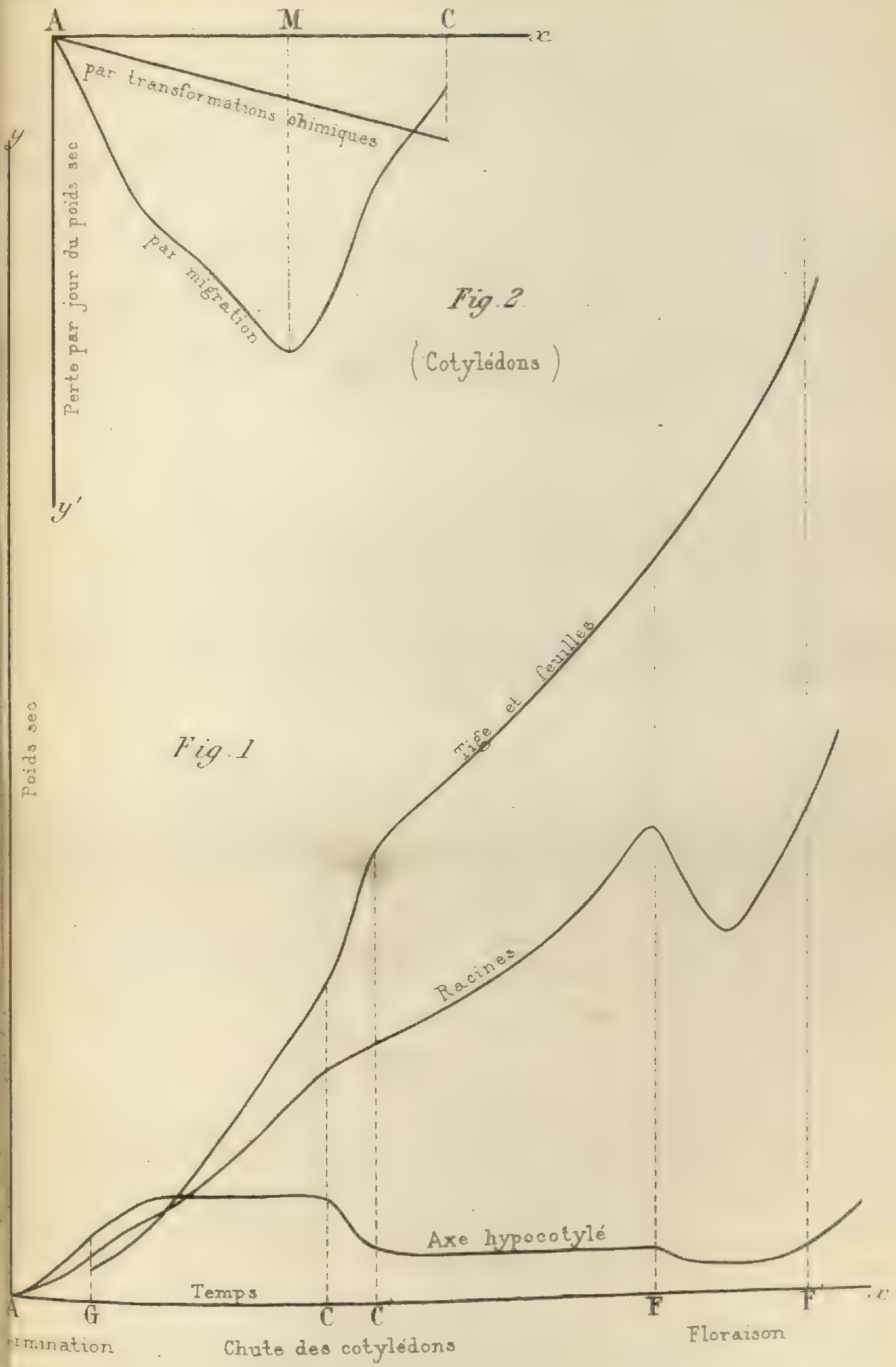
Pollinides des Floridées

Imp. Geny-gros. Paris

Imp. E. Bry. Paris

Lichens et protonémas de Mousses.

Imp E Bry Paris

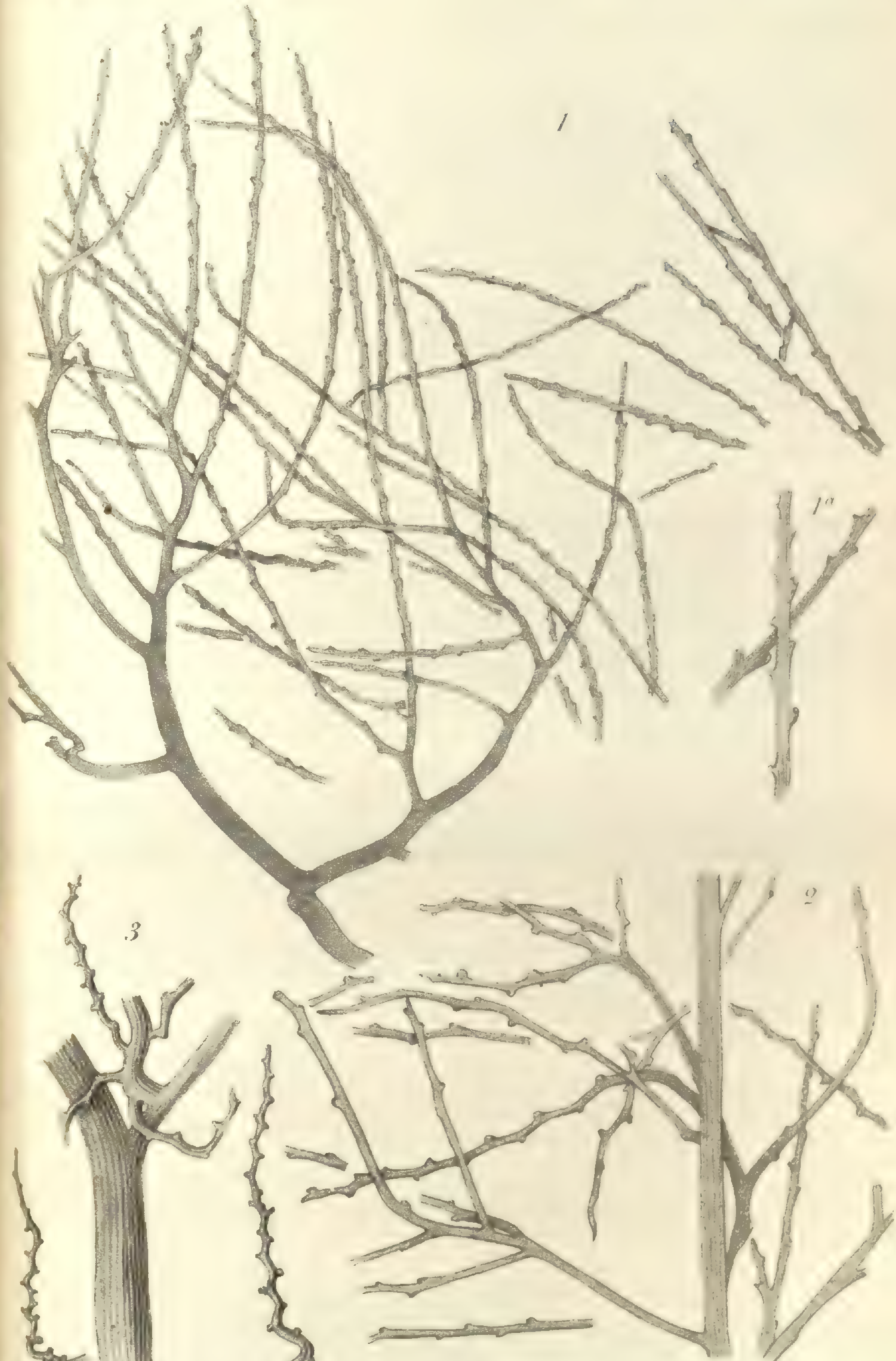


Développement des plantes annuelles.

Imp. E. Bry. Paris

Millot sc Imp. Edouard Bry, Paris.

Développement des plantes annuelles



G. de Saporta del. A. Millot lith.

Inflorescences de Palmiers fossiles

Imp. Edouard Bry, Paris.

G. de Saporta del. A. Millot lith.

Inflorescences de Palmiers fossiles.

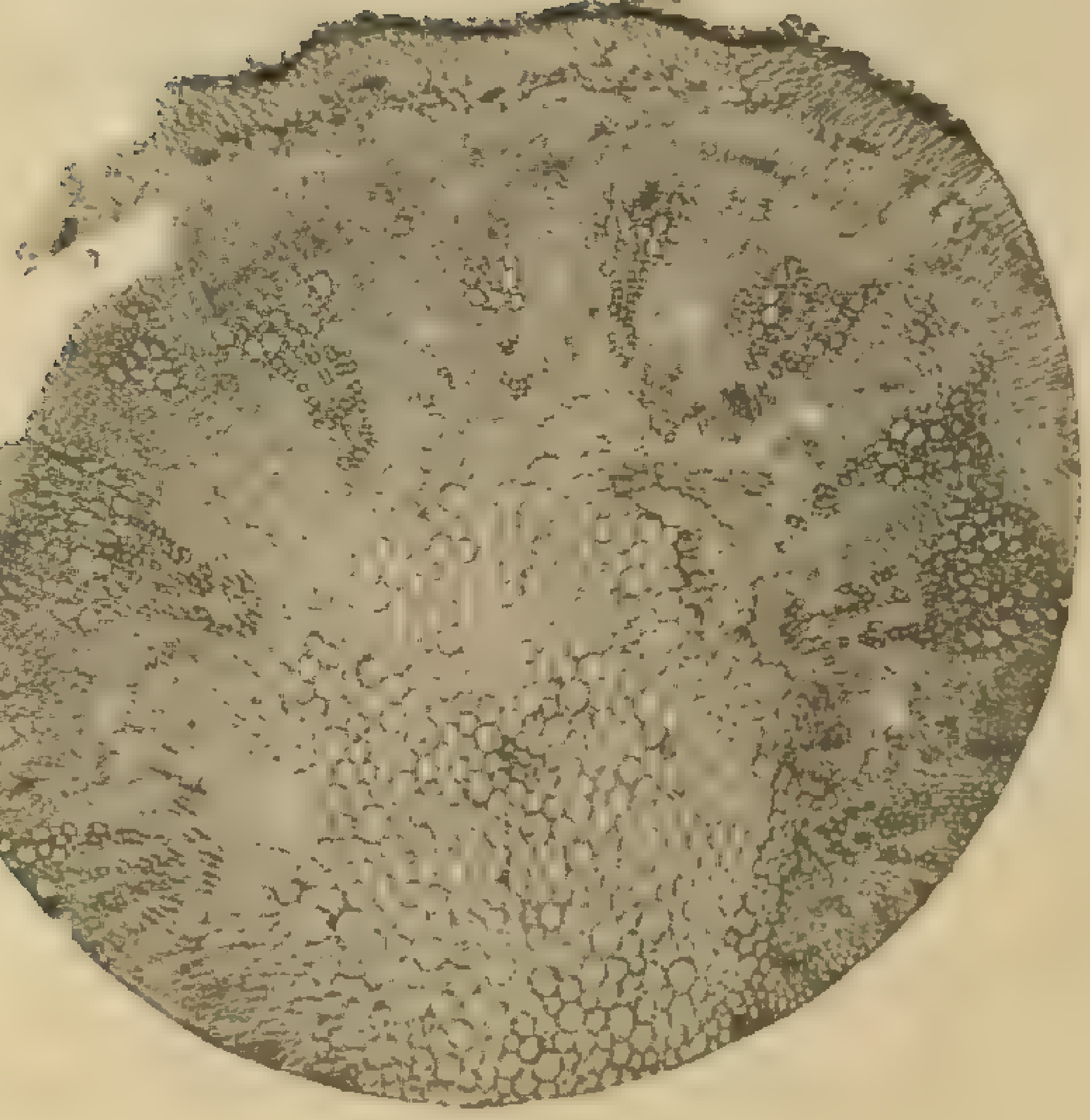
Imp. Edouard Bry, Paris

L. Dufour dir. Ch. G. Petit sc.

Cantharellus crassipes L. D. (Échantillons montés sur tiges de fer, pour être photographiés).

Imp. Jules Crété, Corbeil.

1



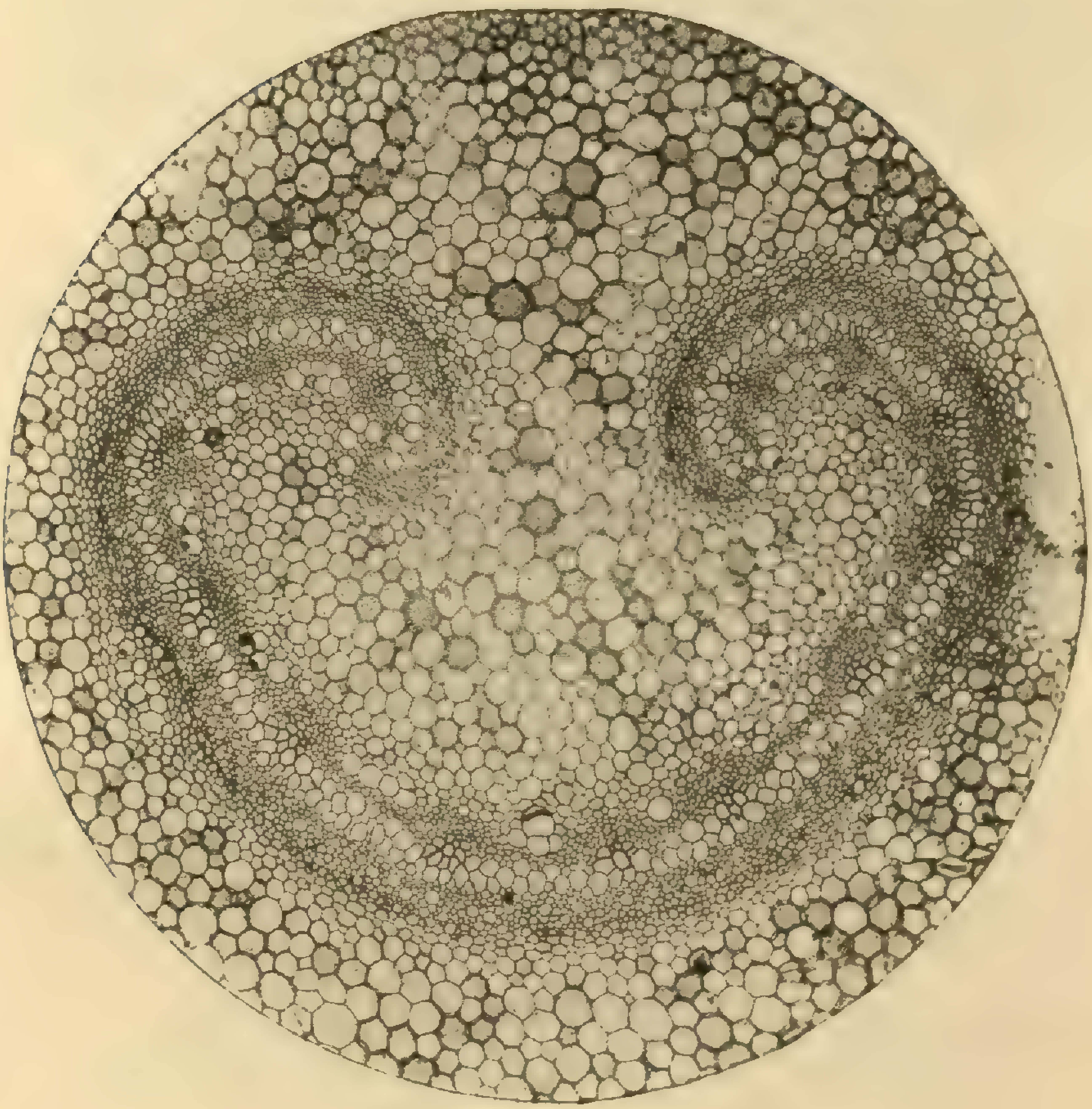
2

G. Bonnier dir. G. Colomb phot. lab. Sorb.

Thalictrum minus.

1. Partie souterraine de la tige fleurie. — 2. Rhizome.

Phototyp. Ch. G. Petit. — Imp. Jules Crété, Corbeil.



G. Colomb phot. lab. Sorb. Ch. G. Petit sc.

Osmunda regalis.

Coupe transversale du pétiole.

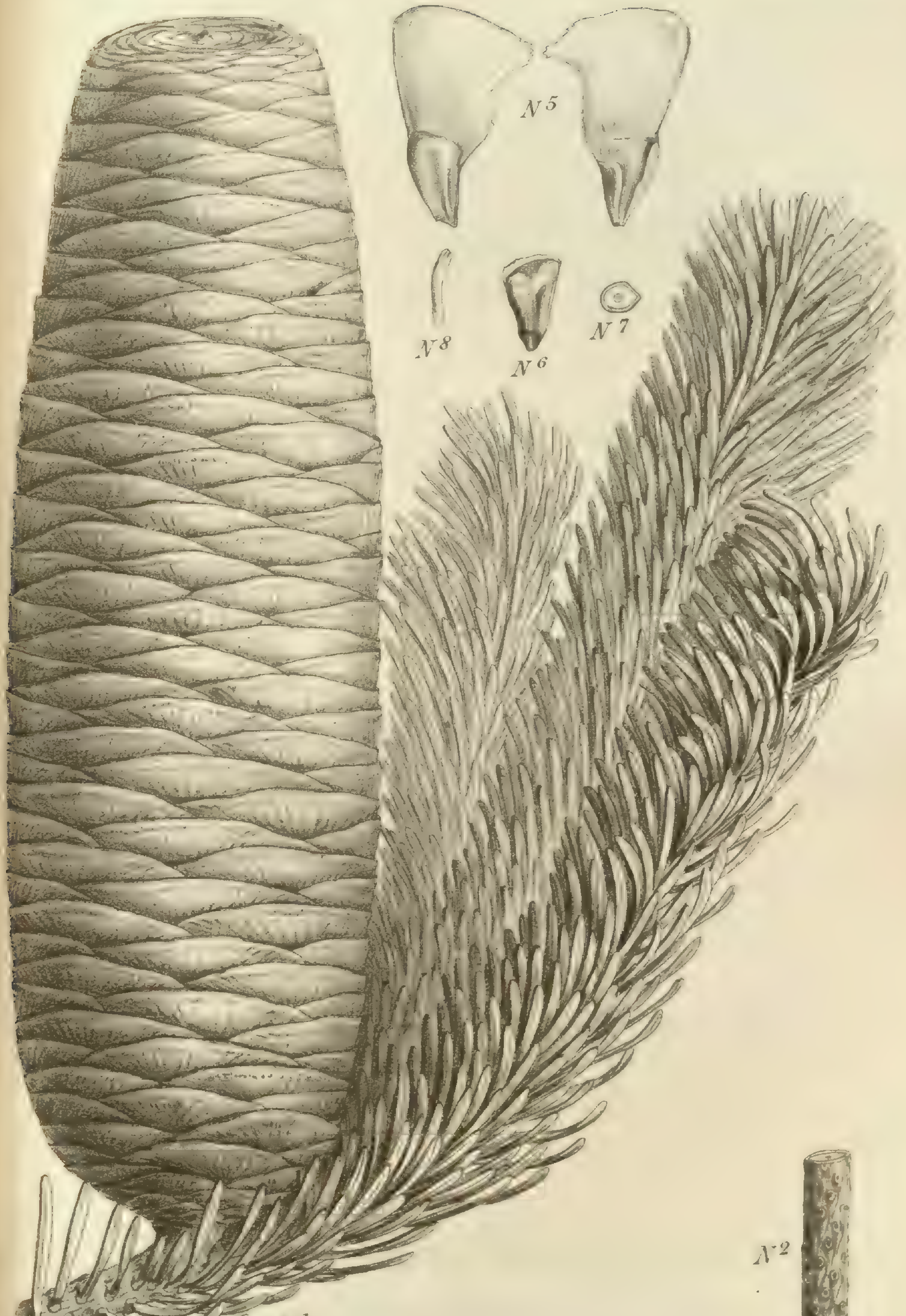
Imp. Jules Crété, Corbeil.

G. Colomb phot. lab. Sorb. Ch. G. Petit sc.

Pteris aquilina.

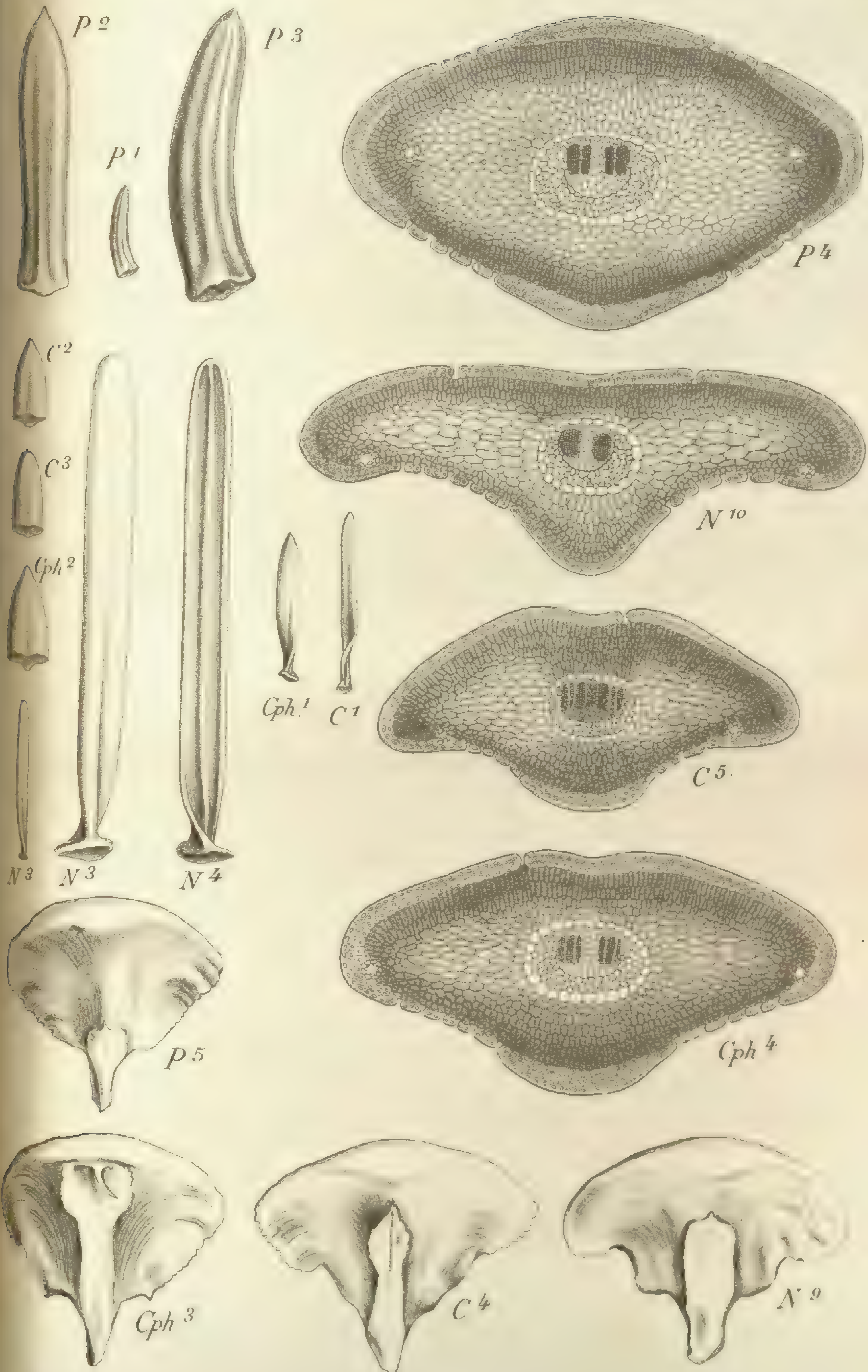
Coupe longitudinale du pétiole.

Imp. Jules Crété, Corbeil.



L. Trabut del. Imp. Edouard Bry, Paris. A. Millot lith.

Abies numidica de Lannoy.



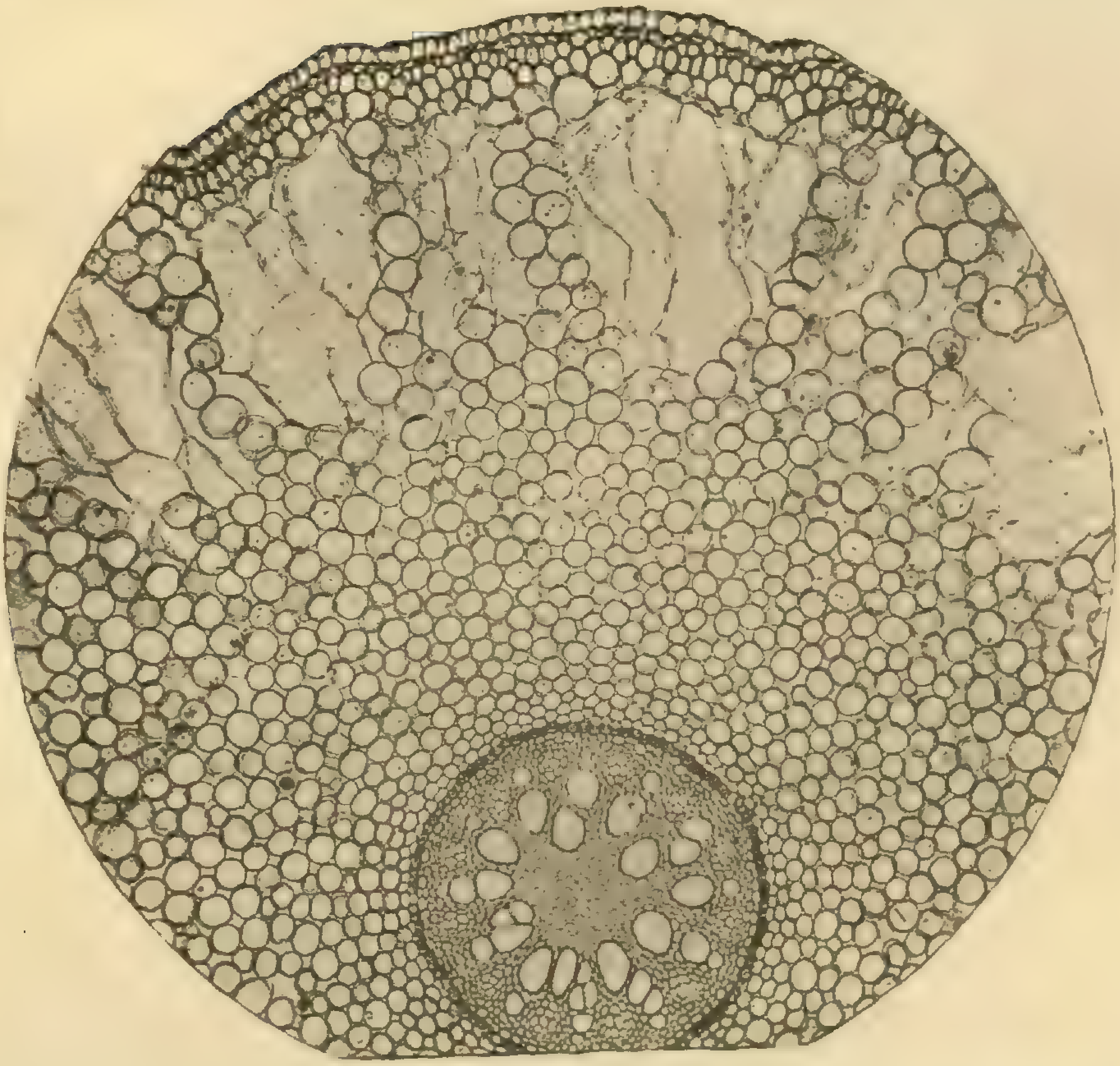
Trabut del.

Imp. Edouard Bry, Paris.

A. Millot lith.

Abies numidica de Lannoy.

1



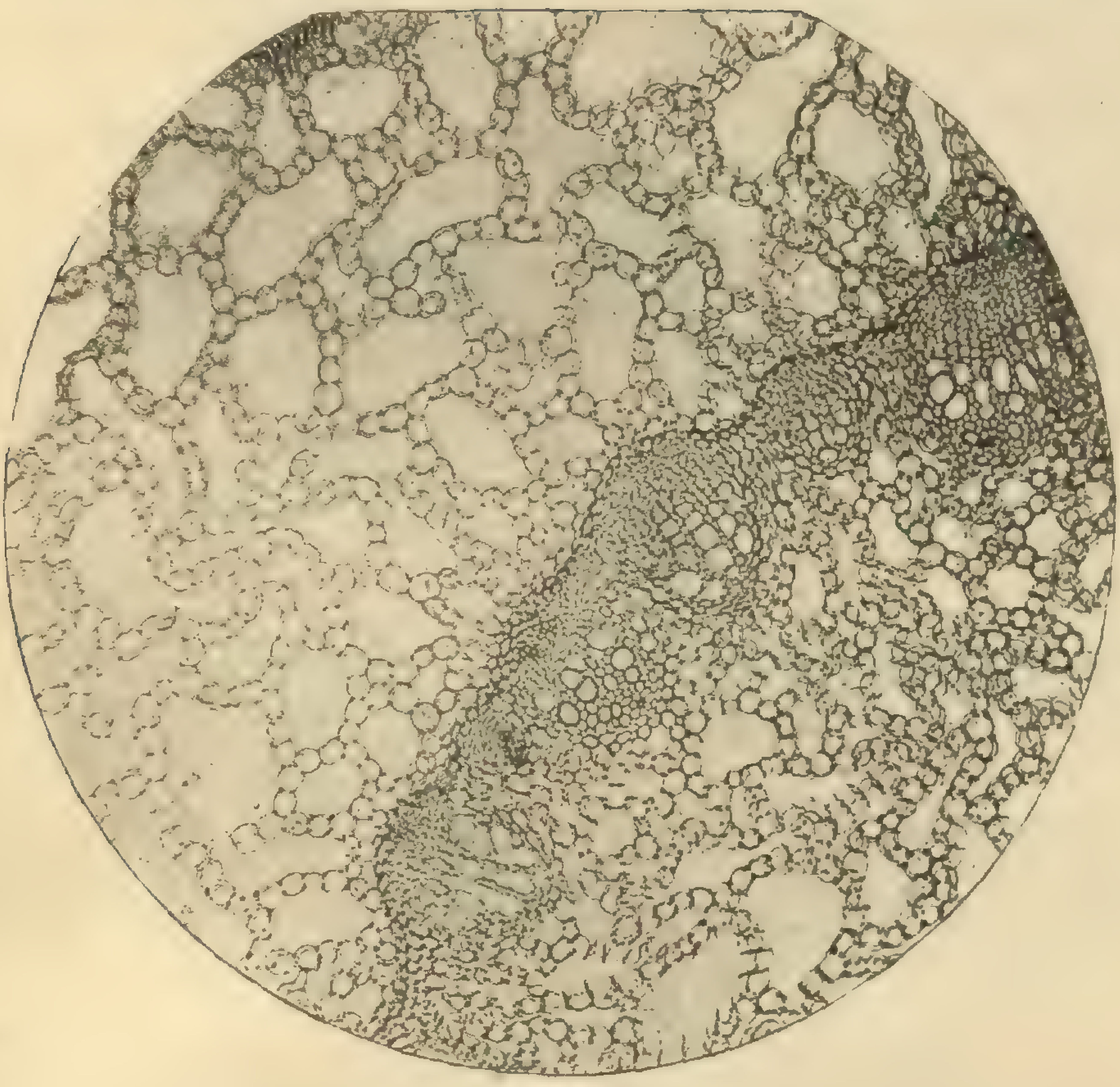
2

A. Seignette dir. G. Colomb phot. lab. Sorb.

Recherches sur les tubercules.

1. *Spiræa Filipendula (racine).* — 2. *Menyanthes trifoliata (racine).*

Phototyp. Ch. G. Petit. — Imp. Jules Crété, Corbeil.



3

4

A. Seignette dir. G. Colomb phot. lab. Sorb.

Recherches sur les tubercules.

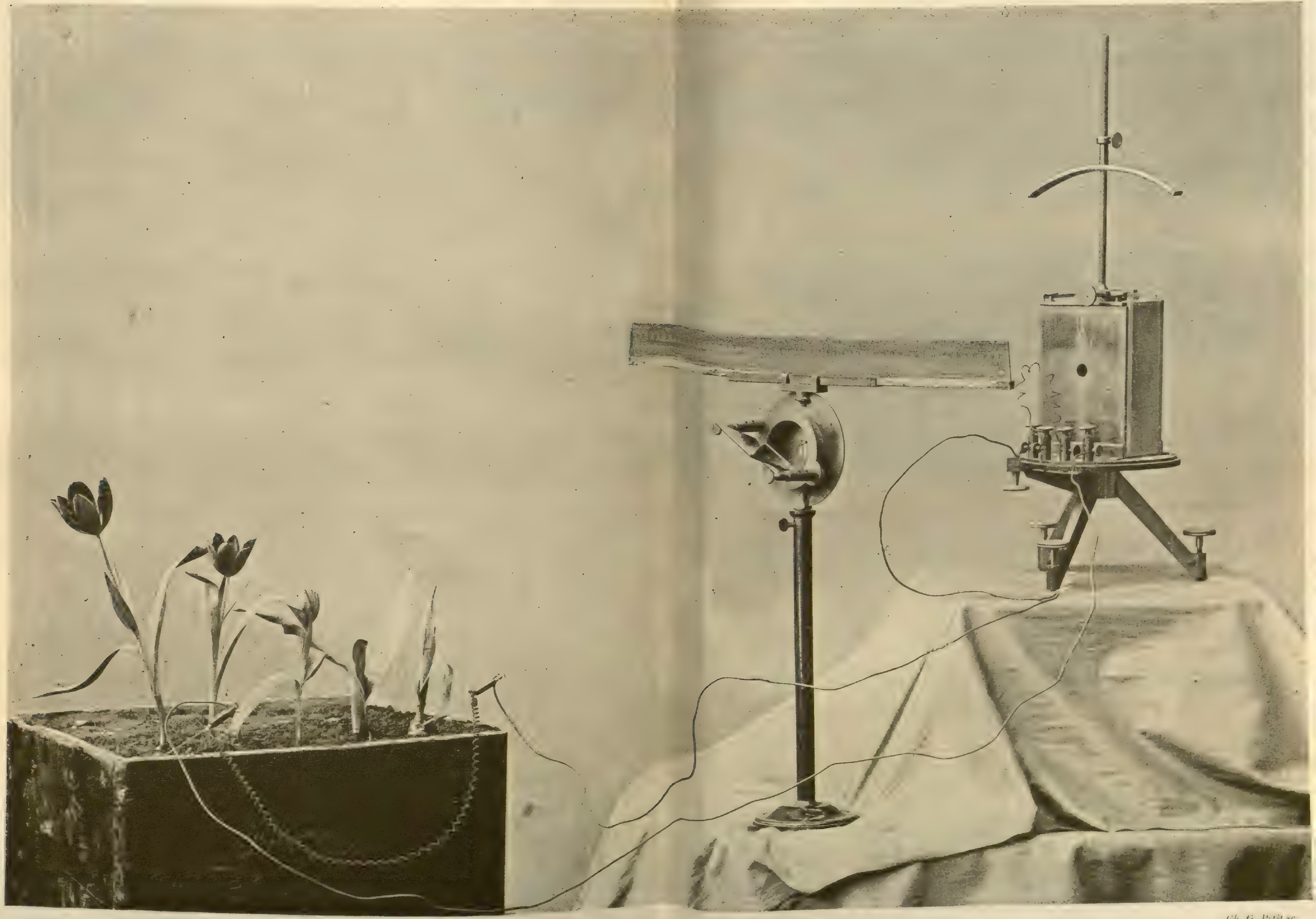
3. Menyanthes trifoliata (rhizome). — 4. Avena elatior (rhizome).

Phototyp. Ch. G. Petit. — Imp. Jules Crété, Corbeil.

Cost del et sc.

Imp. Edouard Bry, Paris.

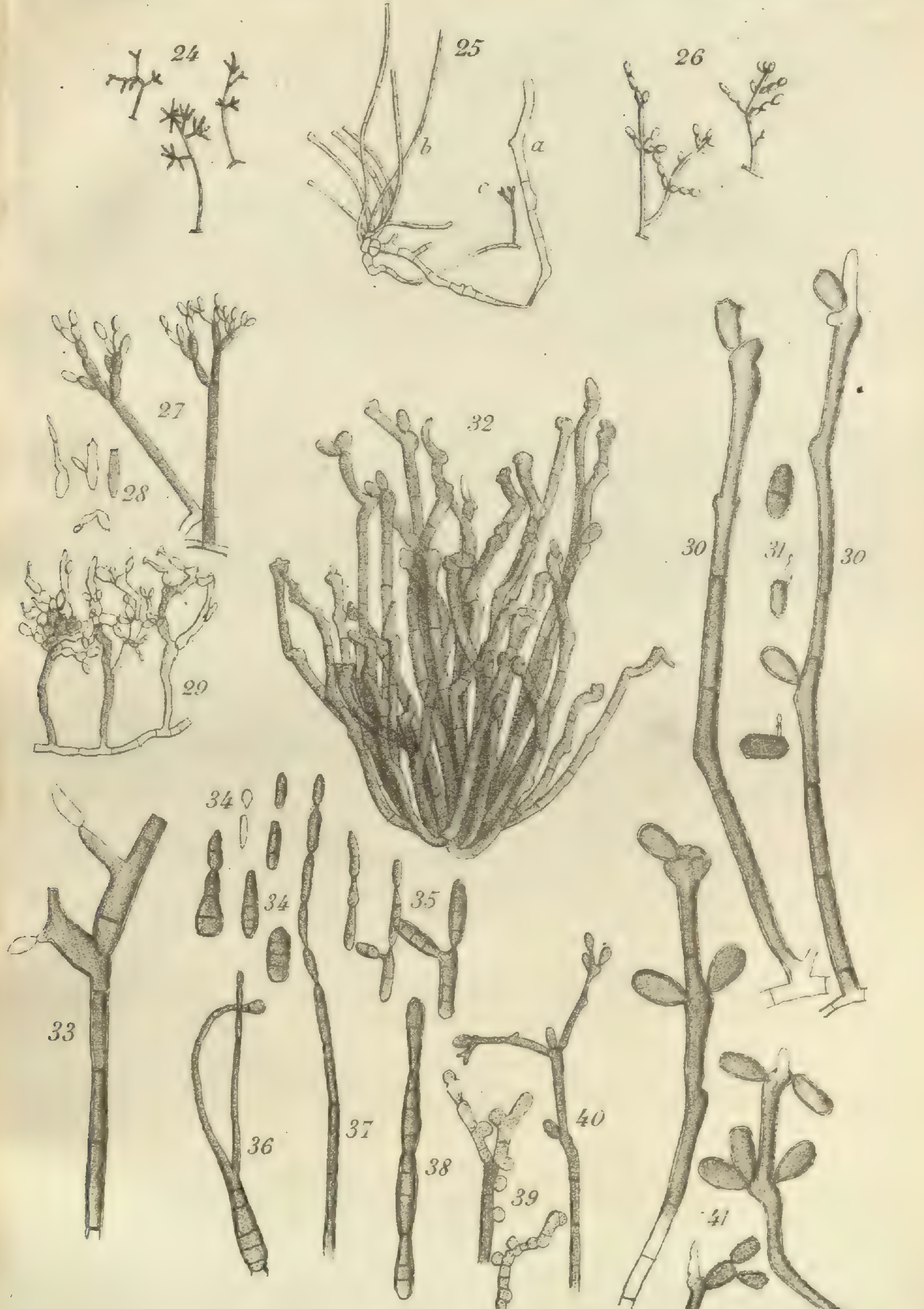
Altenaria.



A. Seignette dir Ch. G. Petit sc.

Appareil pour mesurer la température des tubercules.

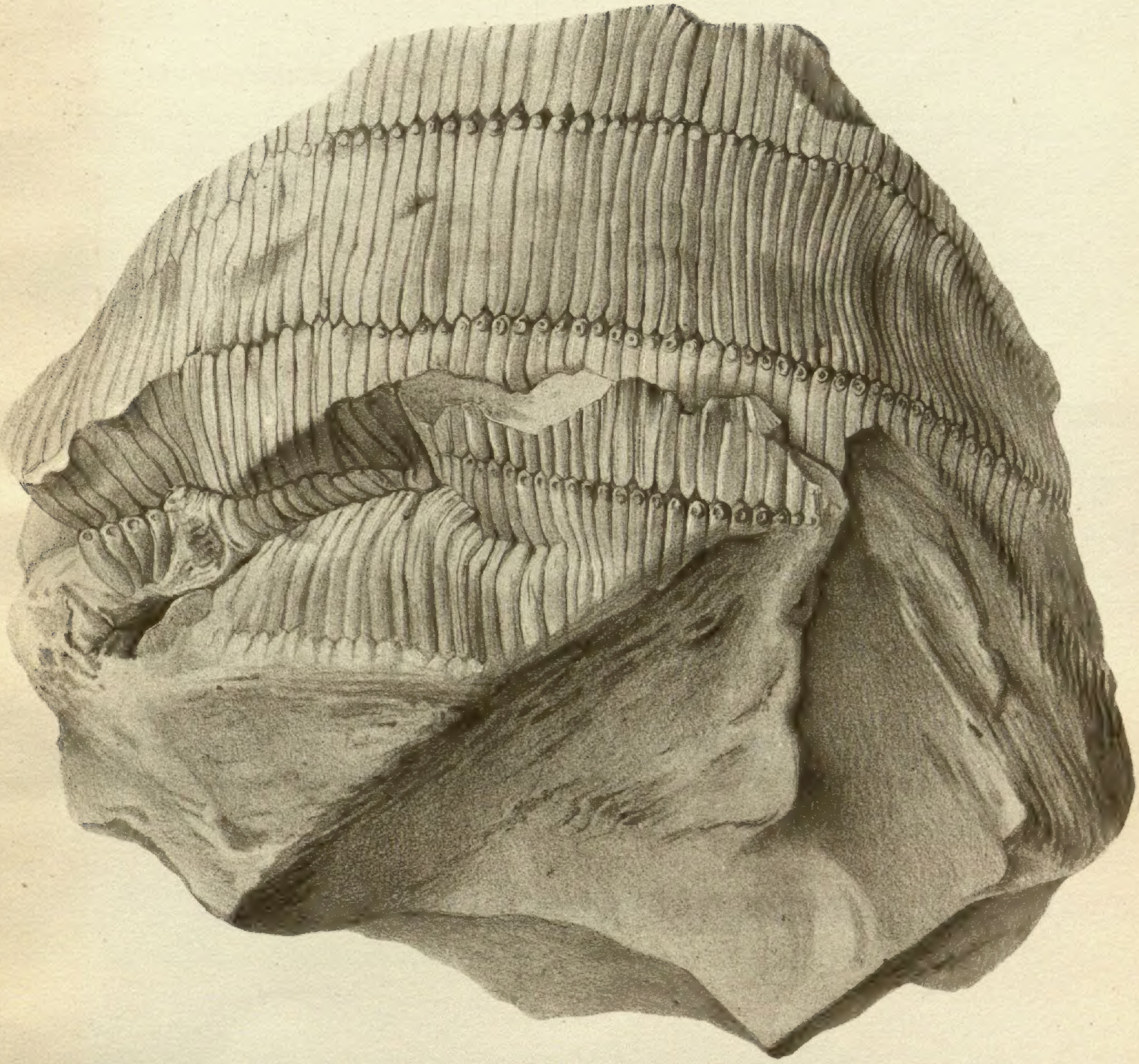
Imp. Jules Creté, Corbeil.



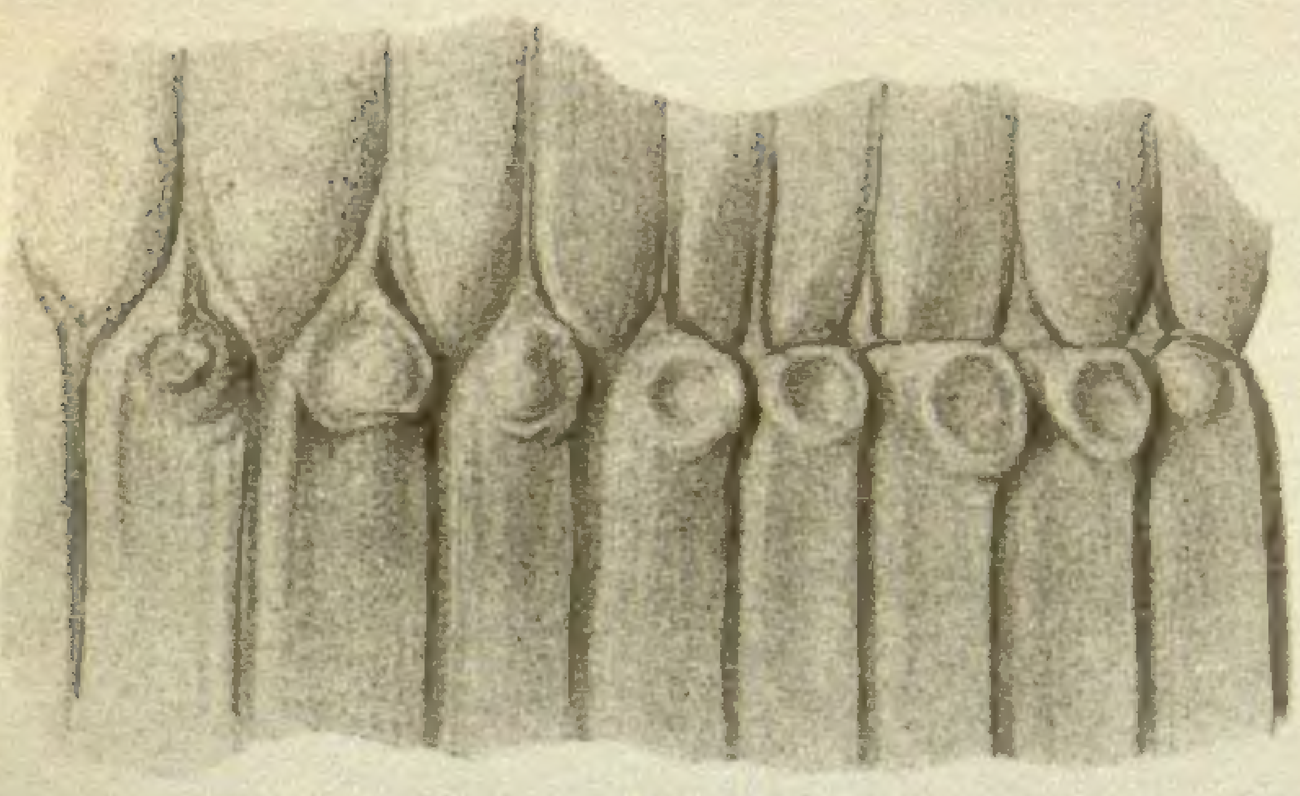
Cost. del. et sc. — *Imp. Edouard Bry, Paris.*

Cladosporium.

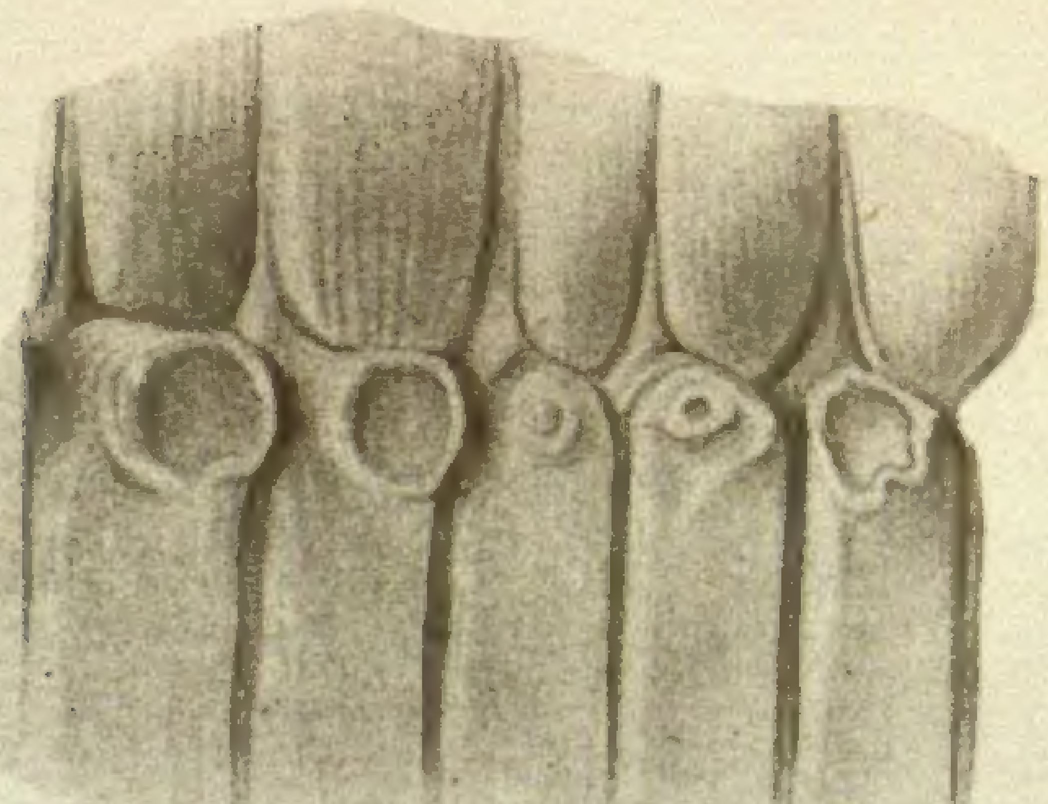
1



1a



1b



Mis de Saporta del. A. Millot lith.

Calamites Suckowii, Brngt.

Millot del. et lith. Imp. Edouard Bry, Paris.

Helleborus Personnati Masc.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 36 à 64 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sarbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

En vente à la Librairie **Paul KLINCKSIECK**, rue des Écoles, 52, **Paris**.

DEFLERS (A.). Voyage au Yemen. Journal d'une excursion botanique faite en 1887 dans les montagnes de l'Arabie Heureuse. Suivi du catalogue des plantes recueillies, d'une liste des principales espèces cultivées avec leurs noms arabes, et de nombreuses déterminations barométriques d'altitudes. Un volume grand in-8 de 246 pages, avec 6 planches lithographiées. Prix.................. 12 fr.

— La partie botanique seule, avec 6 planches, interfoliée de papier blanc. Prix. 8 fr.

DURAND (Th.). Index generum phanerogamorum usque ad finem anni 1887 promulgatorum in Benthami et Hokeri « Genera plantarum » fundatus, cum numero specierum, synonymis et area geographica. Un volume grand in-8 de 722 pages. Prix.. 25 fr.

FRANCHET (A.). Plantæ Delavayanæ. Plantes de Chine, recueillies au Yun-Nan par l'abbé Delavay.

Cet ouvrage, comprenant les Phanérogames et les Cryptogames vasculaires, formera 2 volumes in-8 de texte, d'environ 800 pages chacun, et un atlas de 300 planches noires, dessinées par d'Apreval, et plusieurs cartes de la région explorée.

Le prix est de 200 francs pour les souscripteurs et sera porté à 250 francs, lorsque l'ouvrage sera achevé.

La publication se fera en 20 livraisons de 80 pages de texte avec 15 planches, au prix de 10 francs.

*** Les livraisons 1, 2 sont en vente ; les livraisons 3, 4 paraîtront vers janvier 1890.

MASCLEF (A.). Atlas des plantes de France, utiles, nuisibles et ornementales. 400 planches coloriées avec 3000 figures de détail représentant 500 plantes communes et un texte explicatif de leurs propriétés et usages en médecine, agriculture, horticulture, dans l'industrie, l'économie domestique, etc.

Ouvrage spécialement rédigé pour servir de complément à la *Nouvelle Flore* de MM. Gaston Bonnier et G. de Layens.

Cet ouvrage sera publié en 40 livraisons de 8 pages de texte et 10 planches ; une 41e livraison contiendra les tables.

Prix de chaque livraison prise séparément : 1 fr. 25.

On peut souscrire à l'ouvrage complet, dont il sera expédié un fascicule tous les 15 jours, en envoyant à l'éditeur la somme de 50 francs.

Les souscripteurs recevront gratuitement les tables et trois cartonnages de luxe pour conserver le texte et les planches.

Après achèvement de l'ouvrage, le prix en sera augmenté.

MATÉRIAUX POUR L'HISTOIRE DES CHAMPIGNONS. Vol. I, II.

Les Hyménomycètes d'Europe. Anatomie générale et classification des champignons supérieurs, par N. Patouillard. 1 vol. in-8 de 166 pages, avec 4 planches. Prix.. 6 fr.

Les Mucédinées simples. Histoire, classification, culture et rôle des champignons inférieurs dans les maladies des végétaux et des animaux, par J. Costantin. 1 vol. in-8 de 210 pages, avec 190 figures dans le texte. Prix.......... 6 fr.

3455-89. — Corbeil. Imprimerie Crété.